

## **LỜI CẢM ƠN**

Trước hết chúng em xin chân thành cảm ơn ban lãnh đạo Trường Đại Học Giao Thông Vận Tải Cơ Sở II đã tạo điều kiện cho chúng em thực hiện đề tài này, đặc biệt là sự hướng dẫn nhiệt tình của thầy Hồ Xuân Ba ,giáo viên gợi ý đề tài và trực tiếp hướng dẫn đã giúp chúng em học tập và nghiên cứu ,hoàn thành đề tài đúng thời gian qui định.

Được sự hướng dẫn của thầy ,chúng em đã nghiên cứu được vấn đề quan tâm ,phát huy được hết những kiến thức đã được học từ trên ghế giảng đường và đọc được nhiều tài liệu bổ ích rất cần thiết cho quá trình học và nghiên cứu.

Qua đây chúng em chân thành cảm ơn sự góp ý sâu sắc ,cũng như sự giúp đỡ tận tình của các thầy chuyên môn đã giúp chúng em hoàn thành đề tài này.

*Thành phố Hồ Chí Minh, ngày 30 tháng 4 năm 2008*

GVHD: Hồ Xuân Ba

SVTH: Đặng Như Tranh

Thái Hoàng Duy

Đào Nhật Tân

Lớp : Cầu Đường Bộ K45

*Website: <http://uct2.edu.vn>*

## PHẦN I: ĐẶT VẤN ĐỀ

### I. Tính cấp thiết của đề tài

- Cùng với sự tiến bộ của khoa học kỹ thuật, đất nước đang trong quá trình hội nhập, kéo theo xu thế không ngừng phát triển về kinh tế và khoa học kỹ thuật. Trong lời dạy của Hồ Chí Minh có câu “ Giao thông là mạch máu của tổ chức, giao thông tốt thì mọi việc dễ dàng, giao thông xấu thì các việc đình trệ ” vì thế Đảng và nhà nước luôn quan tâm đầu tư đến lĩnh vực giao thông mà cụ thể là xây dựng cơ sở hạ tầng và các công trình giao thông nói chung .
- Hiện nay và trong tương lai ở nước ta đã và sẽ xây dựng nhiều công trình xây dựng lớn mang tầm vóc quốc tế ( Cầu Mỹ Thuận, cầu Bãi Cháy, Cầu thủ thiêm, tòa nhà saigonPearl, cụm tòa nhà Sunrighth city ....). Để phục vụ cho quá trình tính toán phân tích nội lực kết cấu công trình xây dựng được dễ dàng thì việc ứng dụng các phần mềm tính toán phân tích kết cấu nào cho phù hợp và độ tin cậy cao là vấn đề cần phải cân nhắc.
- Việc phân tích tính toán nội lực kết cấu công trình nói chung và kết cấu trụ, móng bệ cọc nói riêng là hai vấn đề có tính chất quyết định để đảm bảo chất lượng cho công trình. Phân tích tính toán kết cấu quyết định đến tới an toàn trong khai thác sử dụng và tính kinh tế của công trình .Kết quả đạt được của phân tích là các giá trị nội lực và chuyển vị của kết cấu dưới tác dụng của tải trọng, tổ hợp tải trọng là số liệu đầu vào cho bài toán thiết kế kết cấu. Nội dung phân tích kết cấu trụ, móng bệ cọc bao gồm việc mô hình hóa kết cấu và tiến hành phân tích như:

- + Phân tích tĩnh.
- + Phân tích động.
- + Phân tích phi tuyến.
- + Phân tích P – delta.

Đây là quá trình phân tích, tính toán hết sức phức tạp và tốn rất nhiều thời gian, đã có những giả thiết đưa ra nhằm giảm bớt tính phức tạp của bài toán nhưng việc này dẫn đến sai số lớn, không phản ánh hết sự làm việc thực tế của kết cấu. Do đó khi thiết kế người ta thường thiết kế với hệ số an toàn lớn dẫn tới lãng phí.

- Ngày nay, với sự trợ giúp của máy tính, mà đặc biệt là việc ứng dụng các sản phẩm phần mềm chuyên dụng thì công việc mô hình hóa và phân tích kết cấu trở nên nhanh chóng và tương đối chính xác.
- Hiện có một số phần mềm phân tích tính toán kết cấu trụ, móng bệ cọc nổi tiếng như FB-Pier, Piling, Pracol, ... Với FB-Pier có đặc điểm nổi bật hơn các chương trình khác như: Khả năng mô hình hóa kết cấu, giao diện và tốc độ tính toán, nhập và xuất dữ liệu, khả năng phân tích. FB-Pier là phần mềm của nước Hoa Kỳ, hiện nay tính phổ biến của nó chưa được rộng rãi ở nước ta, tài liệu tham khảo bằng tiếng việt rất hạn chế (hầu như là không...) vì thế sự tiếp cận của sinh viên và kỹ sư với FB-Pier còn khó khăn và việc đánh giá kết quả của chương trình đòi hỏi người kỹ sư phải thật sự am hiểu về kết cấu trong quá trình mô hình hóa kết cấu. Vì chương trình chỉ là công cụ phục vụ cho việc tính toán kết quả phân tích đúng hay sai phụ thuộc vào số liệu đầu vào trong quá trình mô hình hóa. Để làm được điều đó đề tài giành phần lớn thời gian hướng dẫn sử dụng, mô hình hóa chi tiết kết cấu trong FB-Pier thông qua nhiều ví dụ với nhiều trường hợp kết cấu và tải trọng khác nhau. Qua đó, người sử dụng có thể tiếp cận một cách chính xác và đầy đủ.

## **II. Mục tiêu nghiên cứu của đề tài.**

Như đã phân tích ở trên, việc xác định trị số nội lực đầu cọc, sơ đồ làm việc của cọc và đất nền có ý nghĩa rất quan trọng trong việc thiết kế móng mố trụ cầu, vì vậy mục tiêu của đề tài là:

- Mô hình hóa không gian 3D của kết cấu để xem sự làm việc của nó.
  - Sự làm việc của cọc, kết quả của sự phân tích kết cấu là các biểu đồ của sự làm việc bao gồm: biểu đồ về mômen, lực cắt, lực dọc và góc xoay theo chiều dài cọc. Qua đó xác định được giá trị nội lực max để từ đó làm cơ sở cho việc bố trí cốt thép trong cọc.
  - Xác định sự làm việc của trụ và xà mũ.
  - Phân tích sự tương tác lẫn nhau của các cọc, trụ cầu và xà mũ.
  - Xác định giá trị chuyển vị của kết cấu, độ lún, ứng suất trong bệ cọc. Từ đó xác định được cao độ mũi cọc và lớp đất tại nơi đặt mũi cọc có đảm bảo các yêu cầu chịu lực hay không.
- ⇒ Vì vậy mục tiêu của đề tài là : Nghiên cứu Ứng dụng FB-Pier trong tính toán, thiết kế móng cọc cho móng mố- trụ cầu.

### III. Đối tượng nghiên cứu của đề tài.

Với mục tiêu như trên thì đối tượng nghiên cứu là tiến hành mô hình hóa không gian các kết cấu trong chương trình.

Các kết cấu tính toán trong phần mềm FB-Pier:

- + Tính toán kết cấu trụ và nền .
- + Móng và cọc làm việc đồng thời.
- + Cọc và bệ làm việc đồng thời.
- + Tính toán cọc đơn.
- + Tính toán kết cấu có móng cọc đơn.
- + Tính toán tường chắn.
- + Tính cọc chịu uốn, cọc xiên,...
- + Tính toán cột .

### IV. Phương pháp nghiên cứu.

- Tìm hiểu và nghiên cứu cơ sở lý thuyết, tính toán, và hướng dẫn sử dụng chương trình thông qua các ví dụ bằng cách dịch phần Help của chương trình và tham khảo tài liệu tiếng anh trên trang web <http://bsi-web.ce.ufl.edu/default.asp> .
- Lựa chọn, đúc kết, tổng hợp và rút gọn những kiến thức đã tìm hiểu để hoàn thành đề tài và tài liệu hướng dẫn phần mềm FB-Pier bằng tiếng việt thật đơn giản và dễ hiểu cho sinh viên và kỹ sư.

### V. Ý nghĩa của đề tài.

- Về mặt thời gian: Rút ngắn thời gian trong quá trình thiết kế, khắc phục được những nhược điểm trong quá trình tính toán với những giải pháp trước đây.
- Đồng thời thông qua đề tài rất mong các cơ quan, các cấp, các ngành và trường học sớm đưa vào sử dụng và giảng dạy.
- Rút ra phương pháp tư duy nghiên cứu cho bản thân.

### VI. Kết cấu của đề tài.

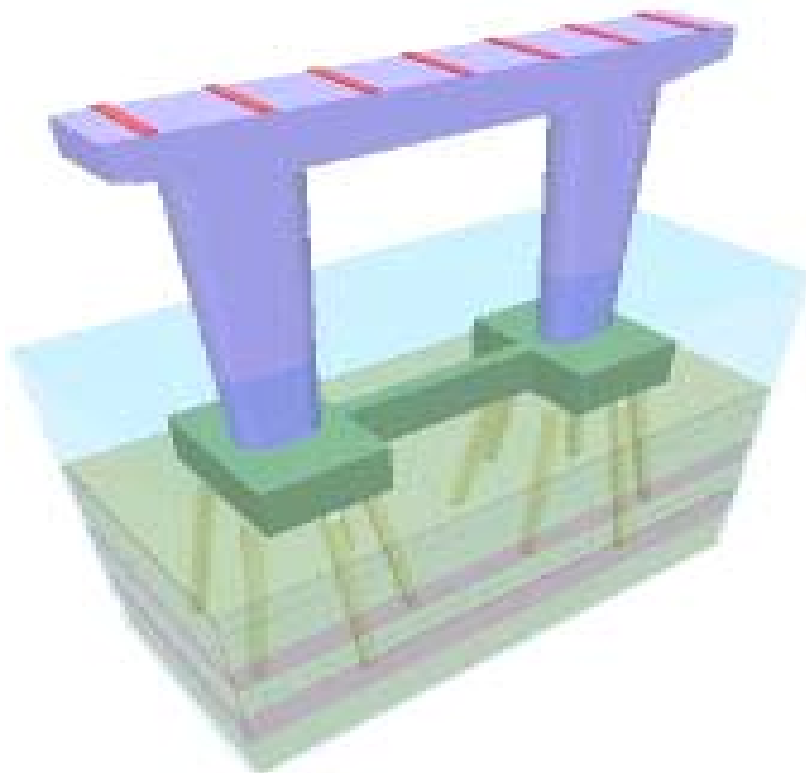
- Phần I: Đặt vấn đề:khái quát chung về đề tài nghiên cứu
  - Phần II:Nội dung đề tài
    - + Chương 1:Tổng quan về FB-Pier
    - + Chương 2:Phương pháp phần tử hữu hạn và ứng dụng của phương pháp
    - + Chương 3:Các Menu chính của chương trình FB-Pier
    - + Chương 4:Tính toán kết cấu móng mố trụ cầu trong FB-Pier
  - Phần III:Kết luận và kiến nghị.
- Tài liệu tham khảo.

## PHẦN II: NỘI DUNG ĐỀ TÀI

### Chương I: TỔNG QUAN VỀ FB-PIER

#### I. Phần mềm FB\_Pier trong tính toán móng cọc không gian:

**FB-PIER** là phần mềm phân tích kết cấu chuyên về phân tích mô trụ cầu và các bài toán tương tác kết cấu - đất nền (soil-structure interaction). Phần mềm FB\_Pier được phát triển bởi viện phần mềm về cầu (BSI - Bridge Software Institute) thuộc trường đại học UF (University of Florida) và được bảo trợ bởi cục đường bộ liên bang Hoa kỳ (FHWA). Chương trình có khả năng phân tích hệ móng cọc theo mô hình không gian, trong đó tương tác phi tuyến cọc-đất mô phỏng bằng các mô hình p-y, T-z, T- $\theta$ . Chương trình còn có khả năng tính được độ cứng tương đương của một hệ móng cọc thành một gối đàn hồi tổng quát được đặc trưng bằng một ma trận độ cứng của gối đàn hồi. Gối đàn hồi này được gắn vào kết cấu phần trên để mô phỏng tương tác giữa kết cấu phần trên của cầu và nền móng. FB\_Pier có thể tính toán với số lượng cọc tối đa là 2500 cọc và số lượng mô/trụ là 99 trụ. FB\_Pier cho phép mô hình tới 50 cọc có chiều dài khác nhau trong cùng 1 nhóm cọc.



**Mô hình trụ và móng cọc với nền đất trong chương trình FB\_Pier**

## **II. Đặc điểm nổi bật của FB-PIER so với các chương trình khác:**

+ **Khả năng mô hình hóa kết cấu:** chương trình hỗ trợ nhiều loại kết cấu ,đặc biệt là kết cấu móng mố trụ cầu ,giúp cho người sử dụng có thể mô hình được nhiều loại kết cấu khác nhau.Từ đó xác định được những yêu cầu đề ra trong công tác thiết kế.Điểm nổi bật của chương trình là đã mô hình hóa kết cấu trong không gian 3D,từ đó giúp chúng ta quan sát được các bộ phận của kết cấu như :vị trí cọc trong đất nền ,trụ ,xà mũ ,tường chắn...

Về tải trọng chương trình hỗ trợ rất đầy đủ và đa dạng về thể loại như: tĩnh tải với các loại lực(lực tập trung,lực phân bố), nhiệt độ, gối lún, dự ứng lực... tải trọng động với các phương pháp tính toán tiên tiến.Chương trình có nhiều công cụ trực quan hỗ trợ việc mô hình hóa một cách trực tiếp.

Về đất nền :chương trình đã mô hình đầy đủ các đặc trưng cơ bản của các lớp như: chiều dày của lớp,cao độ mực nước ngầm, trọng lượng riêng của lớp,modun đàn hồi,góc nội ma sát,hệ số biến dạng,cường độ chịu kéo,cường độ cắt không thoát nước(đất sét)

+ **Giao diện và tốc độ tính toán:** Chương trình hoạt động trong môi trường Windows, giao diện thân thiện, khả năng tính toán mạnh. Tốc độ tính toán của chương trình phụ thuộc vào khối lượng tính toán nhưng so với một số phần mềm tính toán kết cấu khác piling ,pracol thì tốc độ tính toán nhanh hơn. Kết quả tính toán của chương trình là đầy đủ và tin cậy.

+ **Khả năng nhập và xuất dữ liệu:** Dữ liệu đầu vào có thể được nhập trực tiếp , kết quả tính có thể xuất ra màn hình đồ họa, văn bản hay máy in, hơn nữa có thể xuất kết quả dạng tập tin cho các chương trình thiết kế sau tính toán.

+ **Khả năng phân tích cho bài toán cầu:** Đây là một tính năng mạnh của chương trình,chương trình cho chúng ta phân tích kết cấu móng mố trụ cầu , đặc biệt phân tích các dạng móng như móng cọc (cọc đóng,cọc khoan nhồi),qua đó xác định được các giá trị nội lực một cách chính xác để kiểm tra khả năng chịu lực của kết cấu.

+ **Tính phổ biến của chương trình:** Do nhiều ưu điểm trên đặc biệt là độ tin cậy của kết quả tính và tính tương thích của chương trình cho nên chương trình đã và đang được sử dụng nhiều trong việc tính toán móng cọc.Tuy nhiên đây là chương trình của nước ngoài nên việc sử dụng còn hạn chế ở nước ta.Vì vậy mục đích của nghiên cứu chúng em nhằm đưa chương trình sử dụng ngày càng nhiều hơn ,giúp cho công tác thiết kế thuận tiện ,chính xác và giảm thời gian. Hiện độ tin cậy và hiệu quả nó đem lại đã được công nhận trên thế giới .

### III. Các mô hình tương tác giữa cọc và nền đất:

Có 3 mô hình được sử dụng trong tính toán để xét đến sự tương tác giữa cọc và nền:

- Mô hình tương tác giữa lực ngang đỉnh cọc (P) và chuyển vị ngang của cọc (Y) hay “Mô hình P-Y”.
- Mô hình tương tác giữa lực dọc trục (T) và chuyển vị thẳng đứng (Z) hay “Mô hình T-Z”
- Mô hình tương tác giữa mômen xoắn đỉnh cọc (T) và chuyển vị xoay của cọc ( $\theta$ ) hay “Mô hình T-  $\theta$ ”.

### IV. Các chỉ tiêu cơ lí của đất cần thiết trong việc tính toán địa kĩ thuật:

Để các số liệu đầu vào cho chương trình FB-pier nói riêng và việc thiết kế cọc nói chung thì các thông số địa kĩ thuật cơ bản sau đây cần phải có :

- Mô đun kháng cắt của đất (G)
- Mô đun biến dạng (dọc) của đất (E)
- Hệ số Poisson ( $\theta$ )
- Góc ma sát trong của đất ( $\varphi$ )
- Dung trọng tự nhiên của đất
- Cường độ cắt không thoát nước của đất sét
- Cường độ nén nở hông của đá

### V. Các lưu ý khi sử dụng chương trình FB-PIER

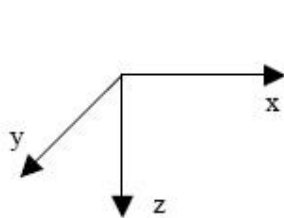
#### + Các dạng kết cấu tính toán của chương trình:

Các dạng kết cấu tính toán trong chương trình FB\_Pier bao gồm:

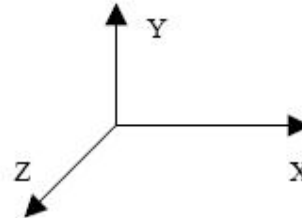
- General Pier: Tính toán kết cấu trụ và nền móng làm việc đồng thời.
- Pile and Cap: Tính toán cọc và bệ cọc làm việc đồng thời
- Single Pile: Tính toán cho cọc đơn
- High Mast Light/Sign: Tính toán cho kết cấu có móng cọc đơn
- Retaining Wall: Tính toán tường chắn
- Sound Wall: Tính toán tường chắn
- Stiffness: Tính toán độ cứng tại vị trí trọng tâm của móng
- Pile Bent: Tính toán cọc chịu uốn
- Column Analysis: Tính toán cột
- Bridge (Multiple Piers): Tính toán với cầu nhiều trụ cùng làm việc với nền móng.

**+ Quy ước về hệ thống đơn vị và hệ trục tọa độ:**

- Đơn vị sử dụng trong chương trình theo hệ SI: (kPa, m)
- Quy ước về hệ trục tọa độ trong mô hình hóa:
- Hệ trục tọa độ trong chương trình FB\_Pier được quy ước như sau:



FB-MultiPier Coordinate System



Standard Coordinate System

Trong đó:

Trục Z là trục theo phương thẳng đứng

Trục X theo phương dọc cầu

Trục Y theo phương ngang cầu

Việc ứng dụng các mô hình p-y, t-z, t-θ trong phần mềm FB-Pier nhằm hỗ trợ người dùng tính toán các thông số cần thiết một cách dễ dàng. Để ứng dụng các mô hình đó người dùng chỉ cần cung cấp đủ các thông số cần thiết để chương trình sử dụng tính toán.

**+ Chuyển đổi hệ thống đơn vị sử dụng trong tính toán**

**Đơn vị chiều dài:**

$$1\text{m} = 100\text{cm} = 1000\text{mm} = 39.370079\text{in} = 3.28084\text{ft}$$

$$1\text{ inch} = 25.4\text{ mm} = 0.0254\text{ m (kí hiệu của đơn vị inch 1")}$$

$$1\text{ foot} = 0.3048\text{ m (kí hiệu của đơn vị feet 1')}$$

$$1\text{in}^2 = 0.0006\text{ m}^2$$

**Đơn vị lực:**

$$1\text{KN} = 1000\text{N} = 0.001\text{ MN} = 224.808943\text{ pound}$$

$$1\text{ pcf} = 7210\text{ KN} = 1586\text{ Kips}$$

$$1\text{ psf} = 0.05\text{ Kpa}$$

$$1\text{ psi} = 6,8948\text{ Kpa}$$

$$1\text{ ksi} = 6894, 7591\text{ Kpa}$$

$$1\text{ Mpa} = 10^3\text{ Kpa} = 10^6\text{ Pa}$$



**Đơn vị áp lực:**

$$1\text{kPa} = 1\text{KN/m}^2 = 1000\text{ Pa} = 0.1\text{N/cm}^2$$

$$1\text{daN/cm}^2 = 100000\text{ N/m}^2 = 100\text{ KN/m}^2$$

$$1\text{ pcf} = 0.157\text{ KN/m}^3$$

**+ Cách tiếp cận các phần mềm ứng dụng**

Các phần mềm ứng dụng trong thiết kế cầu đường không phải là một chương trình mà người sử dụng có thể dễ dàng nắm bắt được khi sử dụng. Để có thể khai thác tối đa các tính năng của các phần mềm này người sử dụng cần được đào tạo các tính năng cơ bản và tham gia các khoá đào tạo chuyên sâu.

Các phương pháp học phần mềm ứng dụng:

- Học từ nhà phân phối: Hầu hết các nhà phân phối đều có kèm theo các khoá đào tạo cơ bản hoặc chuyên sâu khi người dùng mua phần mềm.
- Tham gia một khoá đào tạo: có thể đăng ký tham gia các khoá đào tạo tại các trường đại học hoặc các trung tâm tin học chuyên đào tạo chuyên sâu về các phần mềm ứng dụng, hoặc có thể đăng ký đào tạo trực tuyến trên các trang Web của nhà cung cấp phần mềm
- Học từ người dùng khác có nhiều kinh nghiệm: Phương pháp này thường đạt được hiệu quả nhất nếu người dùng biết căn bản về phần mềm ứng dụng đó.
- Đọc các tạp chí về các phần mềm ứng dụng và đọc các tài liệu trên Internet.
- Nhận các hỗ trợ kỹ thuật từ nhà cung cấp sản phẩm.

## Chương II : PHƯƠNG PHÁP PHẦN TỬ HỮU HẠN VÀ ỨNG DỤNG CỦA PHƯƠNG PHÁP



Tổng quan về phương pháp PTHH và mô hình hóa kết cấu ứng dụng trong địa kỹ thuật.

### 1> Tổng quan về mô hình hóa kết cấu

#### 1.1> Các khái niệm cơ bản

**Mô hình** là cách thể hiện đơn giản hóa các đối tượng thực. Cùng một đối tượng có thể có nhiều mô hình khác nhau tùy thuộc vào mục tiêu và mức độ xem xét đối tượng. Việc đơn giản hóa khi xây dựng mô hình thường được dựa trên các giả thiết nhất định. Các giả thiết được đưa ra để loại bỏ các ảnh hưởng không cần thiết đến vấn đề đang được xem xét hoặc đơn giản các quan hệ đến mức có thể xử lý được bằng các công cụ sẵn có.

**Mô hình kết cấu** là mô hình phản ánh sự làm việc theo 1 phương diện nhất định của kết cấu theo 1 phương pháp nhất định. Một cách chung nhất, mô hình kết cấu mô tả cấu trúc hình học, sự phân bố khối lượng, các điều kiện liên kết và điều kiện biên của kết cấu cùng các ảnh hưởng bên ngoài tác động lên nó.

**Mô hình hóa và phân tích kết cấu** là quá trình vận dụng các kiến thức cơ sở về cơ học, các phương pháp phân tích kết cấu và các giải thuật để mô tả, làm trực quan hóa và nhất là định lượng các ứng xử vật lý của kết cấu như nội lực, chuyển vị... khi chịu các tác động khác nhau. Kết quả tìm được trong quá trình phân tích là cơ sở để thiết kế các bộ phận kết cấu hoặc đánh giá sự làm việc của chúng.

#### 1.2> Cơ sở lý thuyết

Mô hình hóa và phân tích kết cấu đều dựa trên các cơ sở lý thuyết của cơ học môi trường liên tục, phương pháp phần tử hữu hạn (PTHH), phương pháp phần tử biên..., các lý thuyết và phương pháp tính được phát triển dựa trên đó. Các nguyên tắc chính ở đây là :

- Sự cân bằng về lực.
- Liên tục (tương thích) về chuyển vị hay biến dạng và
- Đặc trưng cơ học của vật liệu thể hiện qua quan hệ giữa ứng suất và biến dạng

Cả 3 nguyên tắc này đều được áp dụng nhất quán, bất kể sự phức tạp của kết cấu. Sự cân bằng ở đây là cân bằng tĩnh học giữa nội lực và ngoại lực ở

toàn bộ kết cấu cũng như ở các bộ phận kết cấu bất kỳ. Sự tương thích phản ánh điều kiện liên tục về biến dạng và chuyển vị trong toàn bộ kết cấu. Quan hệ ứng suất biến dạng phản ánh tính chất cơ học của vật liệu, các tính chất cơ học của vật liệu có thể thay đổi phụ thuộc vào trạng thái ứng suất – biến dạng cụ thể.

Việc xây dựng mô hình kết cấu dựa trên ba nguyên tắc cơ bản của cơ học và các giả thiết, tạo nên mô hình toán học. Mô hình toán học thể hiện thông qua các phương trình vi phân. Đối với các hệ thống kết cấu phức tạp, rất nhiều trong số các phương trình vi phân đó không có lời giải chính xác. Để tìm được các lời giải, mô hình toán học được chuyển thành mô hình số.

### **1.3> Các thành phần chính của mô hình hóa kết cấu trong bài toán địa kỹ thuật**

Các thành phần chính của mô hình kết cấu:

#### **Mô hình hình học:**

Mô hình hình học là mô hình chứa các thông số hình học, sự phân bố trong không gian của các bộ phận kết cấu. Nhằm mục đích đơn giản hóa quá trình tính toán, hầu hết các phương pháp tính từ “thủ công” đến tự động hóa trên máy tính, đều có xu hướng phân chia kết cấu thành các cấu kiện trên cơ sở hình dạng hình học, cấu tạo vật liệu, đặc điểm chịu lực và các biện pháp thi công. Mô hình hình học thường lấy cấu kiện làm đối tượng cơ sở.

Tùy theo bản chất làm việc trong kết cấu cũng như phương pháp phân tích, các cấu kiện có thể được mô hình hóa thành các đối tượng dạng thanh (1 chiều), tấm, vỏ, bản (2 chiều) và khối (3 chiều).

Các đối tượng dạng thanh là các phần tử có kích thước 1 chiều lớn hơn rất nhiều so với 2 chiều còn lại. Trong phân tích tổng thể kết cấu, mô hình phần tử thanh được sử dụng phổ biến cho các kết cấu dầm, trụ tháp, cột, dây.... Trong trường hợp tổng quát, các đối tượng này có 6 thành phần nội lực: Mômen uốn (2), lực cắt (2), lực dọc, mô men xoắn.

Mô hình toán học sử dụng cho đối tượng thanh là lý thuyết dầm. Các đối tượng 2 chiều (tấm, bản, vỏ) là đối tượng có 2 kích thước lớn hơn nhiều so với kích thước còn lại. Mô hình toán học của các đối tượng này là các lý thuyết của Timoshenko, Midline... Đối tượng khối, là đối tượng có 3 kích thước gần bằng nhau được sử dụng trong các bài toán phân tích cục bộ.

### **Mô hình liên kết & điều kiện biên:**

Liên kết phản ánh sự kết nối giữa các bộ phận trong kết cấu, điều kiện biên phản ánh sự kết nối giữa kết cấu với môi trường và kết cấu khác. Tùy thuộc vào sự làm việc về mặt cơ học, các liên kết thực tế thường được mô hình hóa thành các dạng liên kết sau:

- Liên kết ngàm cứng: Liên kết này hạn chế tất cả các bậc tự do của nút
- Liên kết chốt lý tưởng: Cho phép các bộ phận kết cấu có thể quay tự do tương đối với nhau, do đó mô men tại các chốt bằng 0.
- Liên kết đàn hồi là liên kết hạn chế một số bậc tự do với độ cứng nhất định.
- Ngoài ra, còn có thể có các dạng liên kết khác như liên kết chỉ chịu kéo, hay chỉ chịu nén, liên kết đàn hồi phi tuyến...

### **Mô hình tải trọng:**

Các tải trọng tác dụng lên kết cấu thường được phân biệt theo dạng tác động như lực, chuyển vị cưỡng bức, nhiệt độ ...

- Theo đặc điểm phân bố tác dụng, tải trọng được phân loại gồm:
  - + Tải trọng tập trung: là tải trọng tác động tại 1 điểm trên kết cấu, có độ lớn và phương chiều xác định. Tải trọng tập trung có thể là lực, mô men
  - + Tải trọng phân bố: là tải trọng tác dụng có tính phân bố trên 1 chiều dài hay một diện tích của kết cấu. Đặc trưng của tải trọng này là miền tác động và quy luật phân bố tải trọng. Tải trọng phân bố có thể là lực phân bố, mô men phân bố.
- Theo đặc điểm thay đổi vị trí tác dụng, tải trọng được phân thành:
  - + Tải trọng cố định: là tải trọng có vị trí tác dụng không đổi theo thời gian
  - + Tải trọng di động: là tải trọng có vị trí thay đổi theo thời gian
- Theo đặc điểm động lực, tải trọng được phân thành:
  - + Tải trọng tĩnh: là tải trọng tác dụng có tính chất tĩnh, không gây lực quán tính trong kết cấu.
  - + Tải trọng động: là tải trọng có tính động (có cường độ thay đổi theo thời gian)
- Tải trọng nhiệt độ thay đổi được mô hình hóa thành:
  - + Tải trọng nhiệt độ biến đổi đều: Xét đến ảnh hưởng của nhiệt độ tại các cấu kiện khác nhau của kết cấu

- + Tải trọng Gradient nhiệt: Xét đến ảnh hưởng của nhiệt độ tại các thớ của mặt cắt các cấu kiện.
- Chuyển vị cưỡng bức: là chuyển vị tương đối giữa các bộ phận kết cấu hay giữa kết cấu với nền móng hay kết cấu khác.

## 2> Tổng quan về phương pháp PTHH

Phương pháp phần tử hữu hạn được coi là phương pháp có hiệu quả nhất hiện nay để giải các bài toán cơ học trong môi trường liên tục nói chung và trong phân tích kết cấu công trình nói riêng. **FB-PIER** là một chương trình phân tích và thiết kế kết cấu dựa trên nền tảng là phương pháp phần tử hữu hạn. Trong chương này sẽ trình bày những khái niệm cơ bản nhất về phương pháp phần tử hữu hạn (PTHH) và việc ứng dụng phương pháp này trong **FB-PIER**.

### 2.1 Nội dung cơ bản của phương pháp PTHH.

Nội dung cơ bản của phương pháp phần tử hữu hạn là: để tính toán một kết cấu với cấu tạo bất kỳ, chia kết cấu thành một số hữu hạn các phần tử riêng lẻ và nối với nhau bởi một số hữu hạn các điểm nút riêng lẻ.

Sự biến dạng tổng thể của kết cấu được thể hiện thông qua sự biến dạng của lưới nút hay tập hợp các chuyển vị của từng nút riêng biệt. Tính liên tục của các cấu kiện và sự liên kết giữa các cấu kiện với nhau được thể hiện qua sự liên kết giữa các phần tử thông qua các nút. Liên kết giữa kết cấu và nền được thể hiện bởi điều kiện biên của các nút hay độ tự do của nút. Các tác động lên kết cấu tất cả lên kết cấu đều được quy đổi về các nút. Việc chia lưới phần tử và nút, mô tả liên kết, các điều kiện biên cần *tương thích* với kết cấu thực tế, nếu đảm bảo được điều này thì mô hình phần tử hữu hạn sẽ làm việc giống hay gần giống với kết cấu thực tế.

Việc tính toán mô hình PTHH là trước hết phân tích trạng thái làm việc tổng thể của kết cấu từ đó theo điều kiện liên kết tìm được trạng thái làm việc của từng phần tử hữu hạn.

Trạng thái làm việc của từng phần tử được phụ thuộc vào quan hệ ứng suất và biến dạng của phần tử cũng là quan hệ giữa nội lực và chuyển vị nút của phần tử. Quan hệ đó biểu hiện ở độ cứng của phần tử, mà với những mẫu phần tử ta có thể xác định nhờ giải các bài toán cơ học.

Trạng thái làm việc của kết cấu được thể hiện thông qua sự làm việc của các nút. Các nút này liên hệ với nhau thông qua các phần tử nối giữa chúng, vì vậy từ điều kiện nối tiếp giữa các phần tử và độ cứng của từng phần tử có thể xác định được quan hệ giữa các nút. Đó là quan hệ giữa chuyển vị nút và nội lực tác

dụng từ phần tử lên nút. Từ điều kiện cân bằng nội lực tại các nút, ta thiết lập được hệ phương trình biểu diễn mối quan hệ giữa các chuyển vị nút với các lực tác dụng tại nút. Trong hệ phương trình biểu diễn quan hệ sẽ có những thành phần đã biết như lực nút hay chuyển vị nút, từ đó ta có thể tìm ra những thành phần còn lại chưa biết.

## 2.2 Mô hình hóa rời rạc kết cấu.

Ý tưởng của phương pháp PTHH trong tính toán kết cấu là coi vật thể liên tục như là tổ hợp của nhiều phần tử liên kết với nhau bởi một số hữu hạn các điểm, gọi là các nút. Các phần tử được hình thành này gọi là các phần tử hữu hạn. Quan niệm này chỉ là gần đúng, bởi vì khi thay thế kết cấu thực (hệ liên tục) bằng một số hữu hạn các phần tử trên người ta đã coi rằng năng lượng bên trong mô hình thay thế phải bằng năng lượng của kết cấu thực. Đối với các hệ thanh thì các kết (giàn, khung) phẳng cũng như không gian đều do một số hữu hạn các dầm và thanh hợp thành. Do đó người ta lấy phần tử thanh làm phần tử mô hình cho kết cấu. Điểm liên kết giữa các PTHH gọi là nút. Với kết cấu tấm, vỏ và các vật thể khối thì không trực quan như hệ thanh. Người ta thường dùng các loại phần tử sau:

- Kết cấu tấm phẳng : phần tử hình tam giác, phần tử hình chữ nhật, phần tử hình tứ giác.
- Kết cấu vỏ: ngoài các phần tử hình tam giác, hình chữ nhật, hình tứ giác, người ta còn sử dụng phần tử cong hình tam giác, hình chữ nhật, hình tứ giác.
- Với vật thể khối: phần tử hình tứ diện, phần tử hình lập phương, phần tử hình lục diện.
- Vật thể đối xứng trục: phần tử hình vành khăn.

## 2.3 Chuyển vị nút và lực nút.

Khi kết cấu chịu lực, kết cấu sẽ biến dạng, các phần tử cũng sinh ra biến dạng, do đó cũng sinh ra chuyển vị. Chuyển vị của các nút được gọi là *chuyển vị nút*. Do số lượng nút trên kết cấu là hữu hạn mà số lượng chuyển vị nút là hữu hạn, nên trạng thái biến dạng và trạng thái nội lực của kết cấu có thể biểu diễn bằng một số hữu hạn các chuyển vị nút và các lực nút. Hay nói một cách khác phương pháp PTHH lấy một hệ hữu hạn các độ tự do thay cho kết cấu. Để mô tả mối quan hệ giữa chuyển vị (hoặc ứng suất) tại các nút và chuyển vị (hoặc ứng suất) tại một điểm trong kết cấu, người ta sử dụng một hàm xấp xỉ, gọi là hàm chuyển vị (hoặc hàm ứng suất). Những hàm này phải thỏa mãn liên tục trên biên

các phần tử tiếp xúc với nhau. Phương pháp PTHH, cũng giả thiết rằng: Ngoại lực truyền lên kết cấu thông qua nút việc này thuận tiện cho việc xét cân bằng giữa nội lực và ngoại lực tại các nút. Khi trong phần tử có tải trọng phân bố hoặc tập trung không đặt tại nút, thì cần dựa vào phương pháp năng lượng hoặc các công thức cơ học kết cấu để xác định lực tương đương tại nút. Ta biết rằng khi chịu lực và biến dạng, kết cấu phải ở trạng thái cân bằng. Trong phương pháp PTHH điều đó được đảm bảo bằng các cân bằng tại nút.

Gọi  $\{F_i\}$  là véc tơ các thành phần lực tại nút  $i$  của của phần tử chứa nút thứ  $i$ , tại nút này phải thỏa mãn điều kiện cân bằng của nút  $i$ :

Quan hệ giữa các lực nút và các chuyển vị nút trong một phần tử có thể biểu diễn bằng biểu thức sau đây:

$$\{F\}^e = [K]\{\delta\}^e$$

Trong đó :

$\{F\}^e$ : là véc tơ lực nút của phần tử, chứa tất cả các thành phần lực nút trong một phần tử.

$\{\delta\}^e$ : là véc tơ chuyển vị nút của phần tử, chứa tất cả các thành phần chuyển vị nút trong một phần tử.

$[K]$ : là ma trận độ cứng của phần tử, phụ thuộc vào đặc trưng hình học và cơ học của phần tử và của vật liệu. Ma trận  $[K]$  có thể được thiết lập trên cơ sở nguyên lý cực tiểu thế năng hoặc theo lý thuyết của Kirchhoff hoặc của Mindlin-Reissner.

Trong phương pháp PTHH giả thiết rằng: các chuyển vị tại nút trong một phần tử sẽ xác định trạng thái biến dạng của phần tử đó, tức là có thể dùng các chuyển vị nút để biểu thị trạng thái biến dạng của kết cấu. Mặt khác, khi kết cấu chịu tác dụng của ngoại lực (lực và momen uốn). Phương pháp PTHH giả thiết rằng các ngoại lực này được truyền qua nút.

Như vậy, nội lực trong PTHH có thể biểu thị bằng lực và mômen tập trung ở nút, gọi là *lực nút*. Như vậy, nếu biết được giá trị các lực nút thì có thể tính được sự phân bố của nội lực trong PTHH đó.

## **2.4 Phương trình cơ bản của của phương pháp phần tử hữu hạn đối với vật rắn.**

Phương pháp PTHH là một trong những phương pháp tổng quát nhất trong các phương pháp phân tích kết cấu. Về cơ bản, phương pháp PTHH chia không gian liên tục của kết cấu thành tập hợp các phần tử (miền nhỏ) có tính chất hình



học và cơ học đơn giản hơn kết cấu thực. Các phần tử liên kết với nhau thông qua các điểm nút. Điều kiện liên tục (tương thích) về chuyển vị và biến dạng được thỏa mãn thông qua các nút. Thông thường các ẩn của phương pháp PTHH là các chuyển vị tại các nút và được tính toán thông qua phương trình cân bằng (1)

Phương trình cơ bản của phương pháp PTHH:

$$M.U''_{(t)} + C.U'_{(t)} + K.U_{(t)} = F_{(t)} \quad (1)$$

M, K, C: Ma trận độ cứng, ma trận khối lượng, ma trận cản của kết cấu.

$\underline{U}''_{(t)}$ ,  $\underline{U}'_{(t)}$ ,  $\underline{U}_{(t)}$ ,  $\underline{F}_{(t)}$ : Véc tơ gia tốc, vận tốc, chuyển vị nút và véc tơ tải trọng thay đổi theo thời gian. Các ma trận độ cứng, khối lượng, ma trận cản đều là các ma trận vuông đối xứng, chúng được ghép từ các ma trận tương ứng của từng phần tử trong kết cấu.

*Trường hợp phân tích tĩnh (Static Analysis):*  $F_{(t)} = F$

Phương trình (1) trở thành:  $K.U = F$  (2)

Giải hệ phương trình (2) tìm tất cả các thành phần chuyển vị tại các nút, sau đó tính nội lực ứng suất cho từng phần tử

*Trường hợp phân tích tần số dao động riêng (Eigen value Annalysis):*

Khi tải trọng ngoài bằng zero, bỏ qua lực cản của môi trường lúc đó kết cấu dao động điều hòa chuyển vị của hệ có dạng:

$$U = U.\sin(\omega t) \quad \text{và} \quad U'' = -U.\omega^2.\sin(\omega t) \quad (3)$$

$$-U.\omega^2.\sin(\omega t) + K.U.\sin(\omega t) = \{0\}$$

$$(K - \omega^2.M).U = \{0\} \quad (4)$$

Giải phương trình (4) bằng phương pháp **SUBSPACE** sẽ cho các giá trị riêng và véc tơ riêng từ đó tính được các tần số riêng (eigen frequencies) và dạng dao động riêng (mode shape) tương ứng.

### 3> Một số lưu ý khi mô hình hóa & tính toán kết cấu sử dụng các chương trình PTHH

Như đã nêu ở trên, mô hình hóa kết cấu là quá trình vận dụng các kiến thức cơ sở về cơ học, các phương pháp phân tích kết cấu và các thuật giải để mô tả và làm trực quan hóa các ứng xử vật lý của kết cấu. Trong việc mô hình hóa kết cấu, các khó khăn cơ bản mà người kỹ sư hay gặp phải là do không nắm được một cách rõ ràng sự làm việc theo phương diện vật lý của kết cấu và các điều kiện biên, các mô hình vật liệu, các giả thuyết tính toán nên không xây dựng được các mô hình phân tích thích hợp. Một khó khăn khác là do không hiểu rõ ứng xử của các dạng phần tử khác nhau, các tính năng của các công cụ nên không lựa chọn được các phần tử một cách đúng đắn.



Những khó khăn trên có thể dẫn đến các kết quả tính toán không mong muốn và không kiểm soát được kết quả tính dẫn đến kết quả tính có thể không tin cậy.

Để khắc phục những khó khăn trên, trước khi tiến hành tính toán chúng ta cần lưu ý những vấn đề sau:

+Lựa chọn mô hình phân tích (số chiều phân tích: 3D hay 2D): Việc lựa chọn số chiều không gian của 1 mô hình phụ thuộc vào bài toán đang xem xét và khả năng của công cụ tính toán. Việc tăng số chiều của mô hình làm tăng khối lượng tính toán lên một cách đáng kể. Trong hầu hết các trường hợp, mô hình 2 chiều có thể cung cấp đầy đủ và chính xác các kết quả mong muốn

+Lựa chọn loại phần tử: Loại phần tử tính toán phụ thuộc vào yêu cầu của bài toán phân tích (phân tích tổng thể hay phân tích cục bộ). Người phân tích cần nắm được các ứng xử của từng loại phần tử trong các tình huống khác nhau cũng như bản chất vật lý của bài toán đang xem xét để từ đó đưa ra các lựa chọn phù hợp.

+Đơn giản hóa các mô hình tính: Không nên cố gắng giải quyết trọn vẹn một vấn đề phức tạp ngay một lúc. Đầu tiên, nên đơn giản hóa vấn đề và xây dựng một mô hình đơn giản. Với mô hình đơn giản dễ dàng cho việc xây dựng mô hình tính, không tốn công sức xây dựng mô hình tính mà vẫn cung cấp các kết quả gần đúng. Các kết quả tính toán trên mô hình đơn giản được dùng làm cơ sở cho việc phân tích chi tiết hóa. Nên tận dụng tối đa tính đối xứng và sử dụng các mô hình đơn giản để kiểm chứng tính đối xứng của mô hình xây dựng. Nếu chưa có kinh nghiệm xây dựng mô hình 3 chiều có thể sử dụng mô hình 2 chiều để tính toán sau đó dùng mô hình này để kiểm chứng mô hình 3 chiều. Các phân tích động lực học hay phân tích phi tuyến nên bắt đầu từ mô hình tĩnh, tuyến tính. Các kết quả tính trên các mô hình đơn giản này có thể giúp phát hiện ra các thiếu sót trong mô hình động hoặc phi tuyến phức tạp. Các tổ hợp lực được áp dụng trong các phân tích tĩnh có thể cùng kết quả đánh giá kết quả trong phân tích động hoặc phân tích phi tuyến.

+Mô hình hóa: Khi ứng dụng các chương trình PTHH người dùng cần chú ý các nội dung mô hình hóa sau: Mô hình hóa hình học, điều kiện biên, tải trọng, ứng xử nào là quan trọng, phân tích tĩnh hay động, quy luật ứng xử của vật liệu...

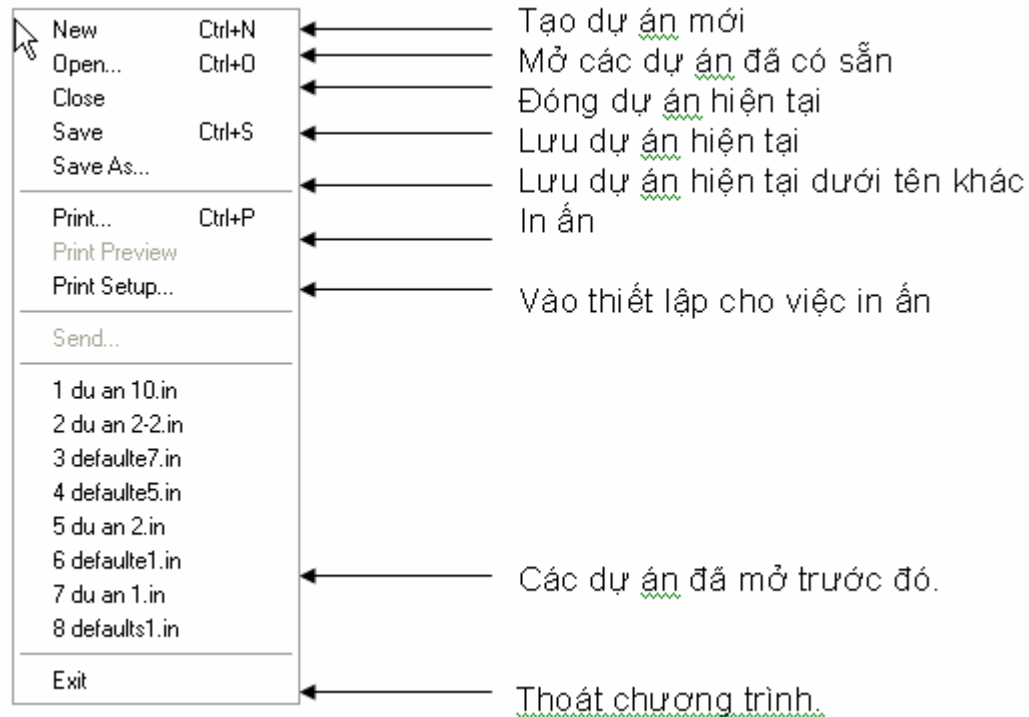
## Chương III: HƯỚNG DẪN SỬ DỤNG CHƯƠNG TRÌNH

### 3.1 Giới thiệu các menu chương trình.

Các lệnh điều khiển chương trình FB-Pier xuất hiện ở phần trên của màn hình chính. Các biểu tượng menu được mô tả như ở dưới đây.

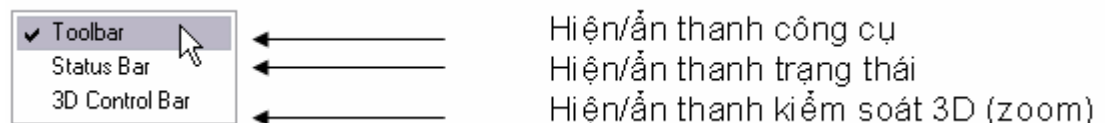
#### 3.1.1 File Menu

Menu File bao gồm các vấn đề về tạo dự án, đầu vào, in ấn và thoát chương trình.



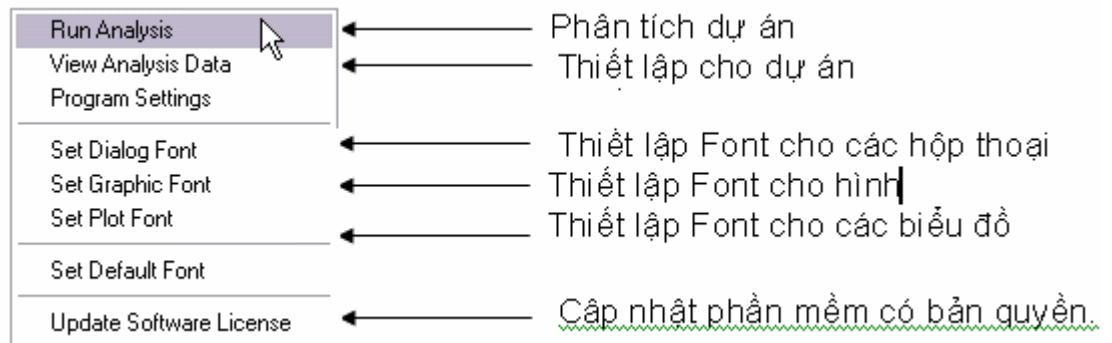
#### 3.1.2 View menu

Menu điều khiển View xuất hiện ở thanh công cụ phía trên của màn hình và thanh trạng thái ở phía dưới của màn hình.



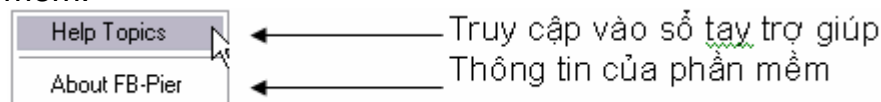
#### 3.1.3 Control menu

Control menu dùng để chạy chương trình, xem dữ liệu nhập vào (trong quá trình phân tích) và kiểm soát sự xuất hiện của font chữ trong các hộp thoại, hình và các đồ thị.



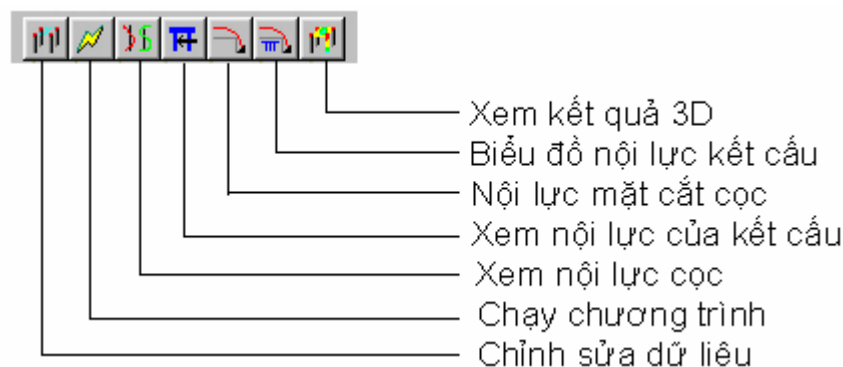
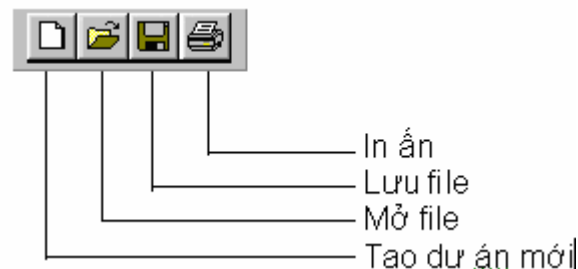
### 3.1.4 Help menu

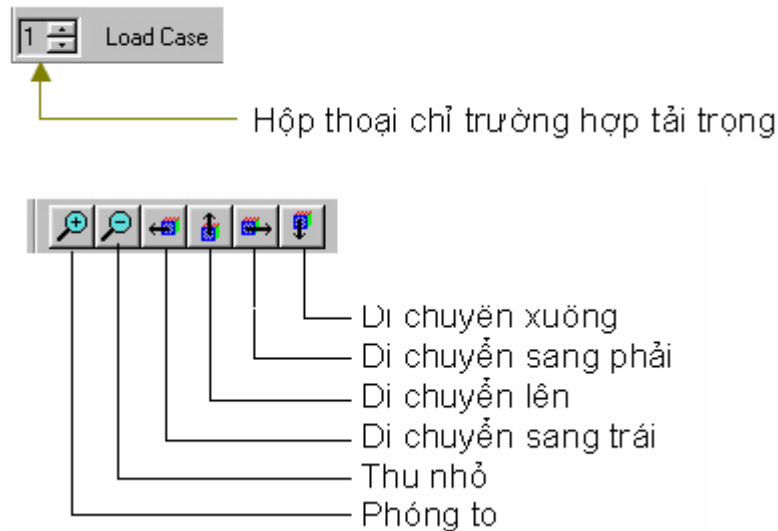
Help menu chứa việc truy cập trực tuyến cho việc trợ giúp, và các thông số của phần mềm.



### 3.2 Các biểu tượng trên thanh công cụ ( toolbar)

Các nút trên thanh công cụ ở phía trên của màn hình, các nút này cho phép người thuận tiện dùng truy cập vào các chức năng khác nhau trong chương trình.





### 3.3 Mô tả các cửa sổ chính của chương trình.

Giá trị hiệu chỉnh được chia làm 4 cửa sổ chính, chúng được dùng để tạo mới và hiện thị mẫu của nền móng. Mỗi cửa sổ được thể hiện như sau:

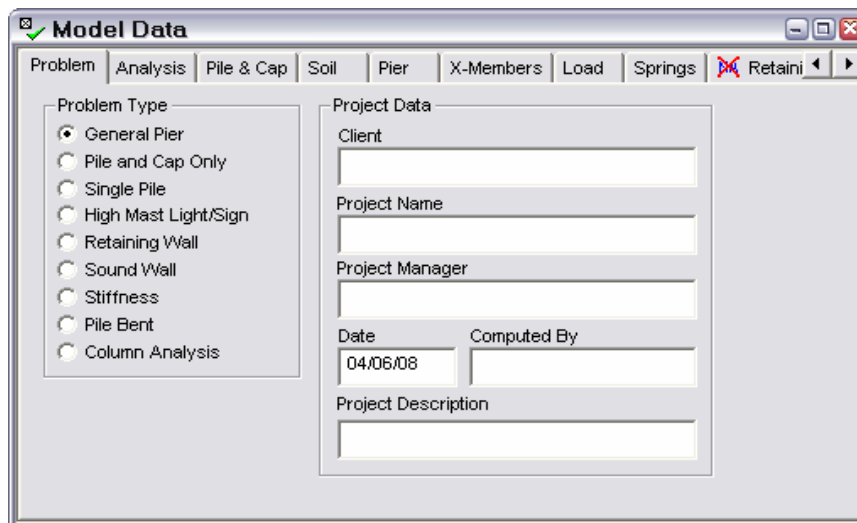
#### 3.3.1 Cửa sổ Model Data

Cửa sổ Model Data nằm phần trên bên trái của màn hình, mô tả dữ liệu đầu vào cho dự án.

Dữ liệu được nhập vào các tab hội thoại, mỗi mục là 1 lĩnh vực khác nhau cho dự án. Số lượng của các tab hội thoại cần cho dữ liệu đầu vào phụ thuộc vào loại dự án. Nếu thông tin trên thanh tab không cần thiết, dấu X màu đỏ sẽ xuất hiện lên trên tab đó.

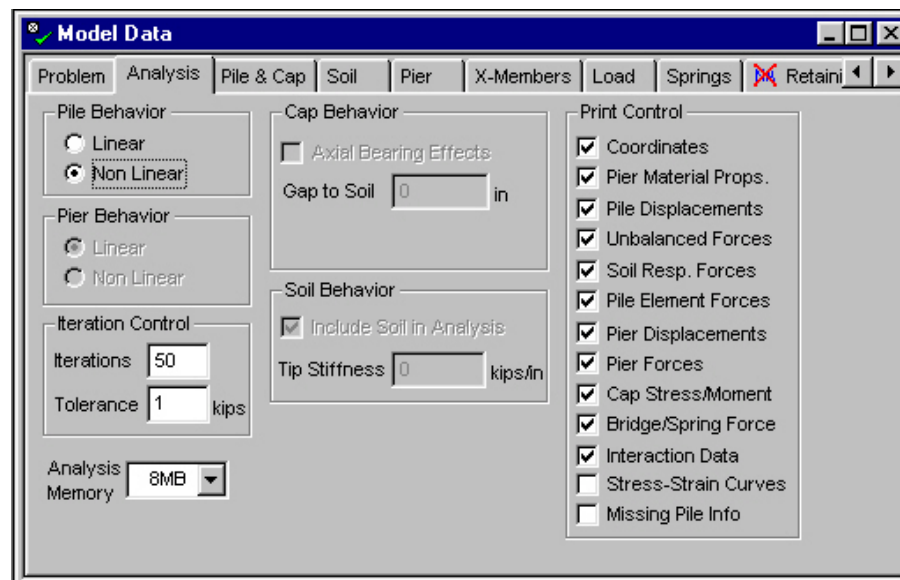
##### 3.3.1.1 Problem Tab

Tab Problem dùng để nhập thông tin cho dự án (tên dự án, người thiết kế, ngày thiết kế, chủ dự án...), và lựa chọn mô hình phân tích. Tab này cũng có thể dùng để thay đổi loại dự án cũng như hệ thống đơn vị.



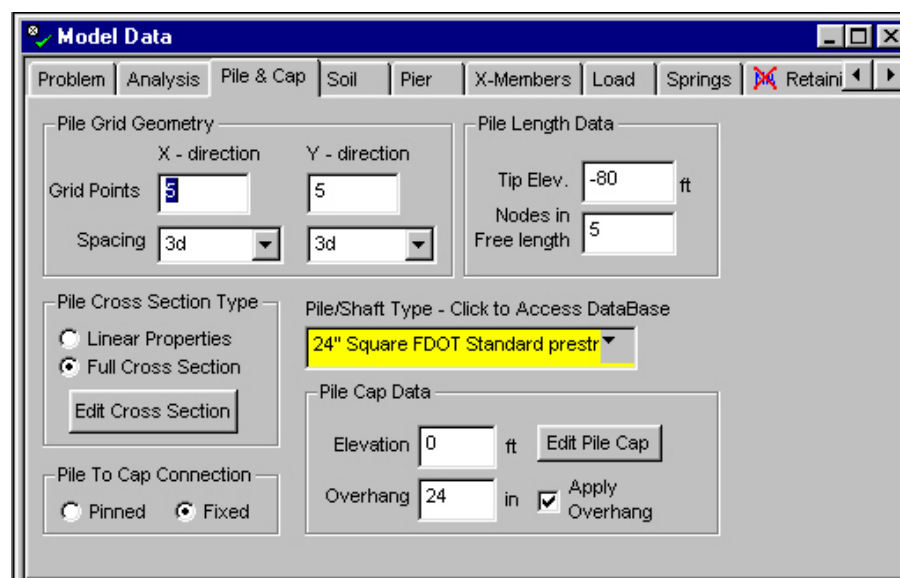
### 3.3.1.2 Tab Analysis

Tab Analysis dùng để thiết lập các tham số (tham biến) sẽ được phân tích. Những tham số này bao gồm nội lực, chuyển vị, sự xuất hiện cọc có đường viền hay không, dung sai cho phép của giá trị lực



### 3.3.1.3 Tab Pile & Cap

Tab Pile dùng để nhập dữ liệu cho cọc và bệ. Dữ liệu này bao gồm loại cọc, khoảng cách giữa các cọc, đỉnh mũi cọc, loại mặt cắt cọc, và nhiều tham số khác.



#### 3.3.1.4 Tab Soil

Tab Soil dùng để nhập dữ liệu cho các lớp đất, loại đất và lớp đất mẫu khác nhau. Dữ liệu cho lớp đất có mực nước ngầm cũng được nhập trong tab này.

**Model Data**

Problem Analysis Pile & Cap **Soil** Pier X-Members Load Springs Retain

**Soil Layer Data**

Soil Layer: Layer 1 Del

Soil Type: Cohesionless

Unit Wght: 119.232 pcf

**Soil Strength Criteria**

Internal Friction Angle: 35 Degrees

# Cycles: 0

☐ Use SPT 'N' Values Edit SPT

**Soil Layer Models**

Lateral: Sand ( Reese ) Edit

Axial: Driven Pile Plot

Torsional: Hyperbolic Group

Tip: Driven Pile

**Elevations**

Water Table: -30 ft

Top of Layer: -30 ft

Bottom of: -100 ft

#### 3.3.1.5 Tab Pier (Wall)

Tab Pier dùng để nhập các thông số cho trụ cầu bao gồm chiều cao trụ, chiều rộng trụ, số trụ, khai báo đặc trưng của vật liệu làm trụ

**Model Data**

Problem Analysis Pile & Cap Soil **Pier** X-Members Load Springs Retain

**Pier Geometry**

Pier Height: 18 ft

Cantilever: 2.5 ft

Column Spacing: 6 ft

Column Offset: 2 ft

# Pier Cols: 3

# Column Nodes: 5

# Cantilever Nodes: 3

# Beam Nodes: 4

☐ Use Bearing Locs. Bearing Locs.

☐ Flooded pier columns

**Cross Section Type**

☒ Linear Properties

☐ Full Cross Section

Edit Cross Section

**Taper Data**

Apply # Taper Taper? Increments

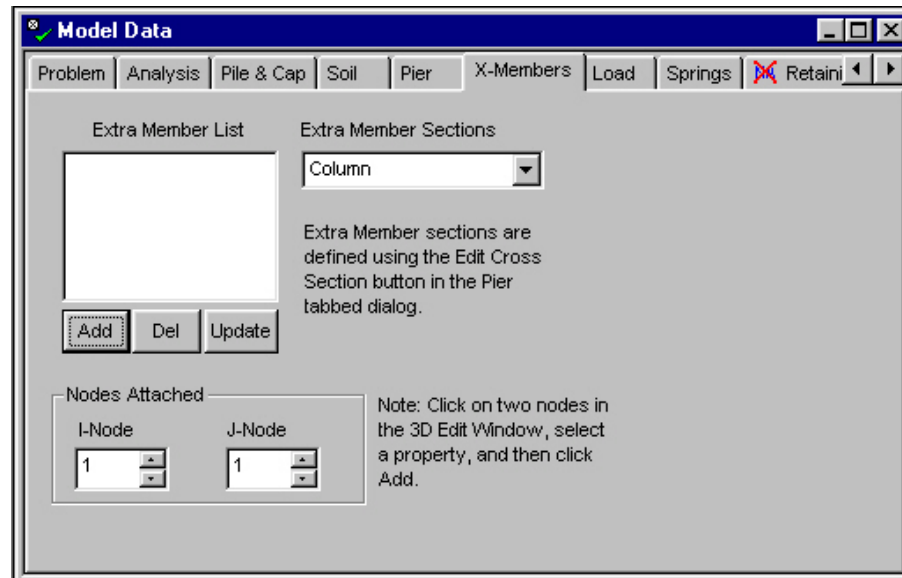
Pier Column: ☐ 0

Pier Cap Cantilever: ☐ 0

Cantilever Taper Type: ☒ Linear ☐ Parabolic

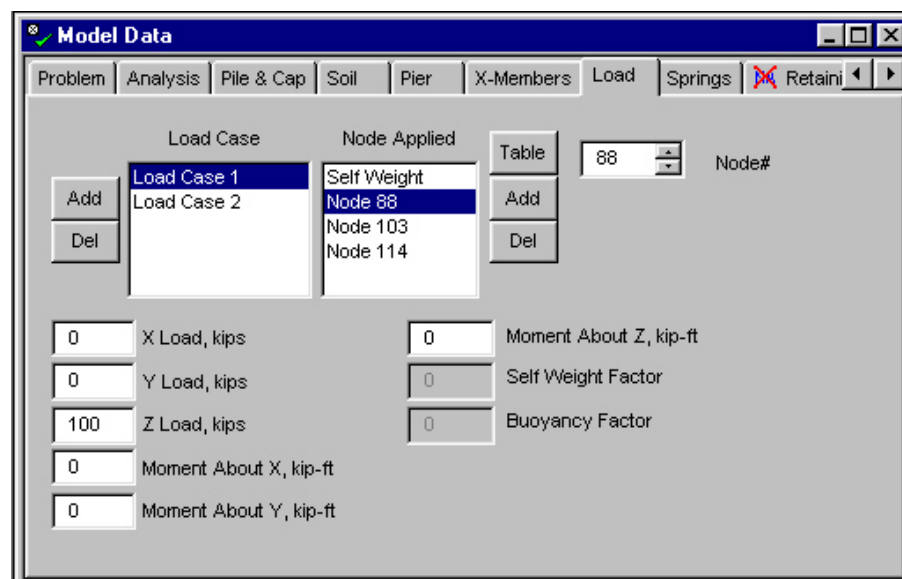
### 3.3.1.6 Tab Members

Tab Members dùng để ứng dụng vào các bộ phận cấu trúc được thêm vào cho trụ. Tùy chọn này cung cấp các hình mẫu độc đáo của trụ.



### 3.3.1.7 Tab Load

Tab Load dùng để khai báo các tải trọng cho kết cấu và các nút của kết cấu.



### 3.3.1.8 Tab Springs

Tab Springs được dùng để khai báo gối đàn hồi với mục đích chống lại sự dịch chuyển của kết cấu theo các phương khác nhau

The screenshot shows the 'Model Data' dialog box with the 'Springs' tab selected. The 'Retaini' tab is disabled. The 'Spring Stiffness' section contains input fields for X, Y, and Z Stiffness (all set to 0 kips/in) and X, Y, and Z Rot. Stiffness (all set to 0 kip-ft/rad). The 'Spring Node List' section is empty, with 'Add' and 'Del' buttons. A 'Node' dropdown is set to 1. A note at the bottom states: 'Springs can only be applied to pier nodes.' and 'Note: Click on node in the 3D View Window and then Add'.

### 3.3.1.9 Tab Retaining

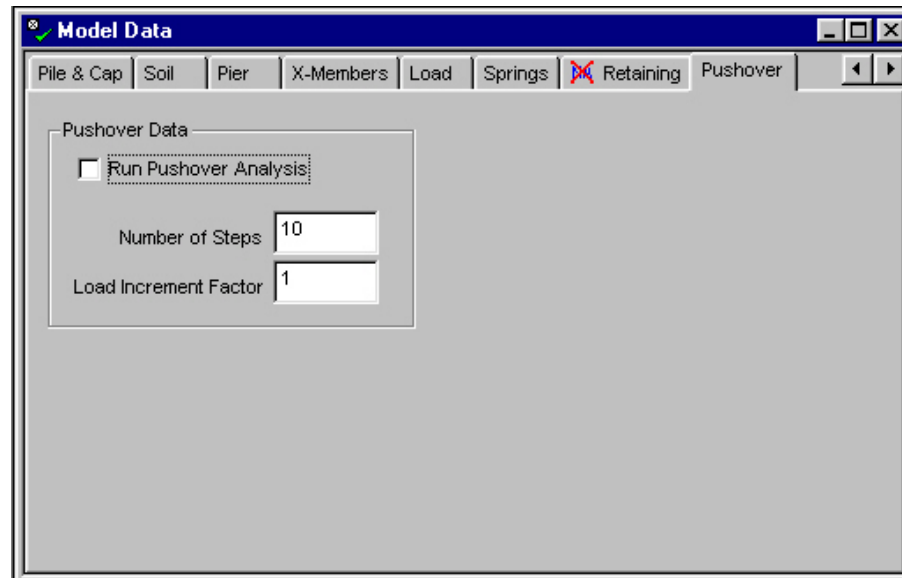
Tab Retaining chỉ được dùng cho bài toán về tường chắn. Tab này dùng để nhập các thông số cụ thể cho kết cấu tường, tải trọng và các lớp đất.

The screenshot shows the 'Model Data' dialog box with the 'Retaining' tab selected. The 'Pushover' tab is disabled. The 'Soil Layer' dropdown is set to 'Layer 1'. The 'Wall and Layer Geometry' section contains input fields for Back Wall Incline (90 Degrees), Ground Slope Incline (0 Degrees), Ground Water Height (1.4166666 ft), Unit Weight Water (62.39808 pcf), Thickness (1.9167 ft), and Number Sub Layers (1). The 'Soil Layer Data' section has radio buttons for 'Pressure At Rest' and 'Active Case' (selected), with a 'Layer Data' button. The 'Wall Load Data' section has a 'Case#' dropdown set to 1 and a 'Surcharge' button. A note at the bottom states: 'Note: Data for Retaining Wall is referenced from top of pile cap'.



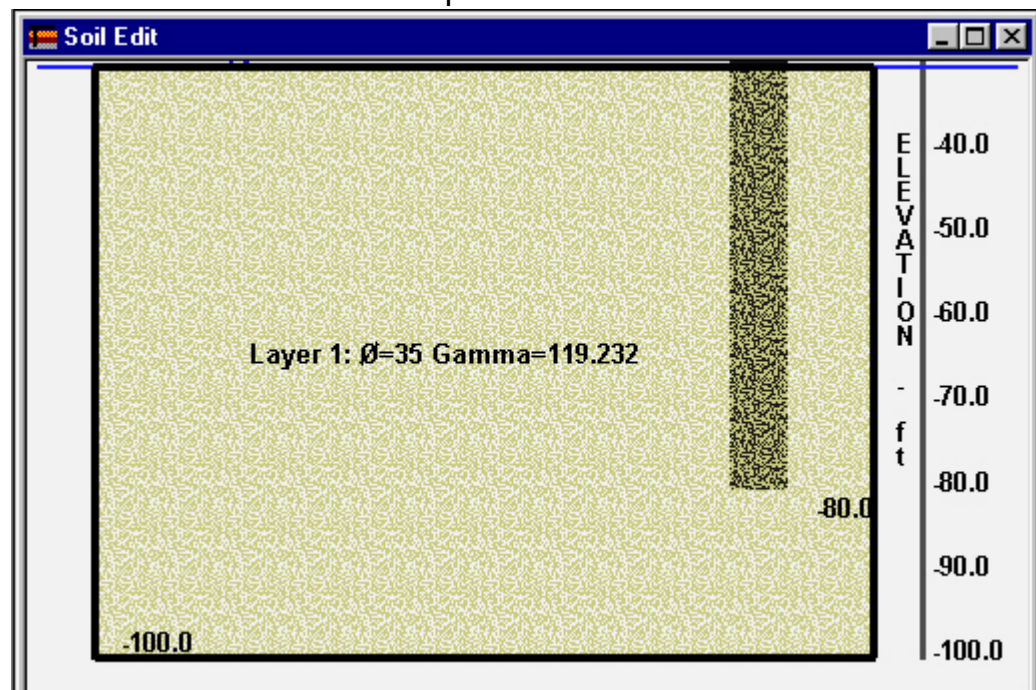
### 3.3.1.10 Tab Pushover

Tab Pushover chỉ được dùng để nhập tải trọng tích lũy cho việc phân tích 1 giai đoạn. Các tải trọng được dùng cho kết cấu sẽ được tích lũy tới 1 lượng đơn vị kết cấu nhất định.



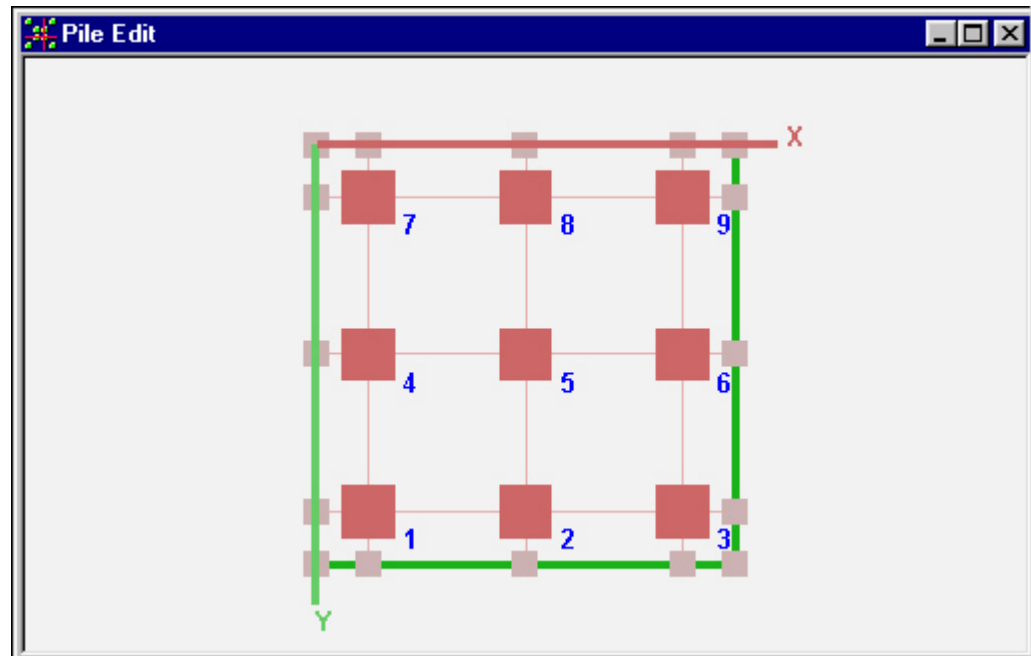
### 3.3.2 Cửa sổ Soil Edit

Cửa sổ Soil Edit chỉ ra chiều sâu và các thông số cơ bản của các lớp đất. Các thuộc tính cơ bản và màu sắc của mỗi lớp đất.



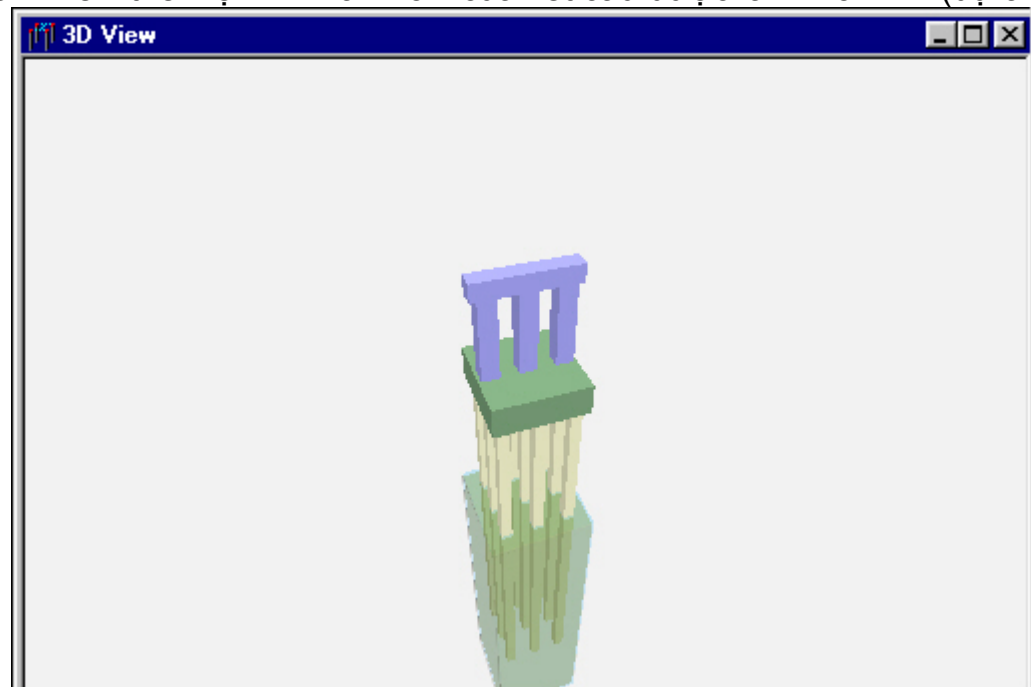
### 3.3.3 Cửa sổ Pile Edit

Cửa sổ Pile Edit dùng để thể hiện sơ đồ của nhóm cọc. Hình dạng của nhóm cọc có thể bị thay đổi trong cửa sổ này.



### 3.3.4 Cửa sổ 3D View

Cửa sổ 3D View thể hiện hình ảnh 3D của kết cấu được làm mô hình (dự án).

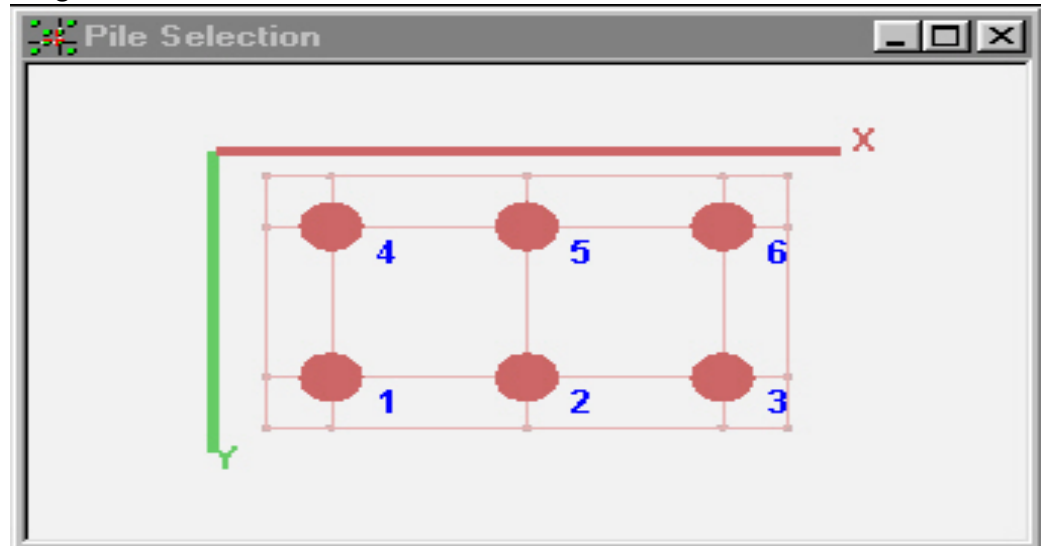


### 3.4 Mô tả cửa sổ Kết quả của chương trình.

Các kết quả của dự án được hiển thị ở các cửa sổ khác, bao gồm:

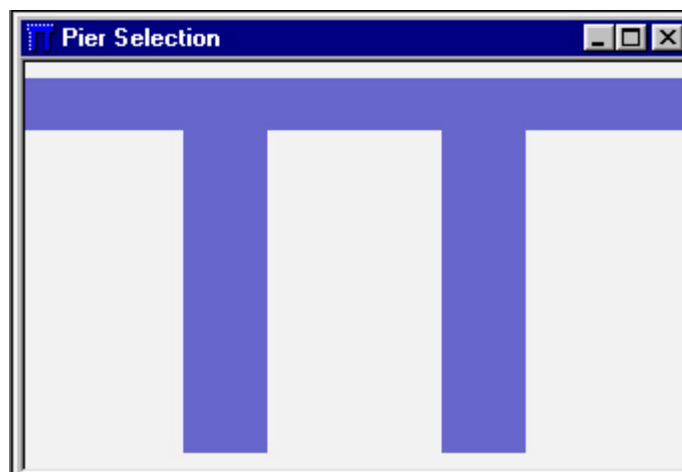
#### 3.4.1 Cửa sổ Pile Selection

Cửa sổ Pile Selection được dùng trong việc chọn các cọc để xem nội lực từng cọc và biểu đồ nội lực tại các mặt cắt cọc. Các giá trị của nội lực của nhiều cọc có thể được chọn cùng 1 lúc.



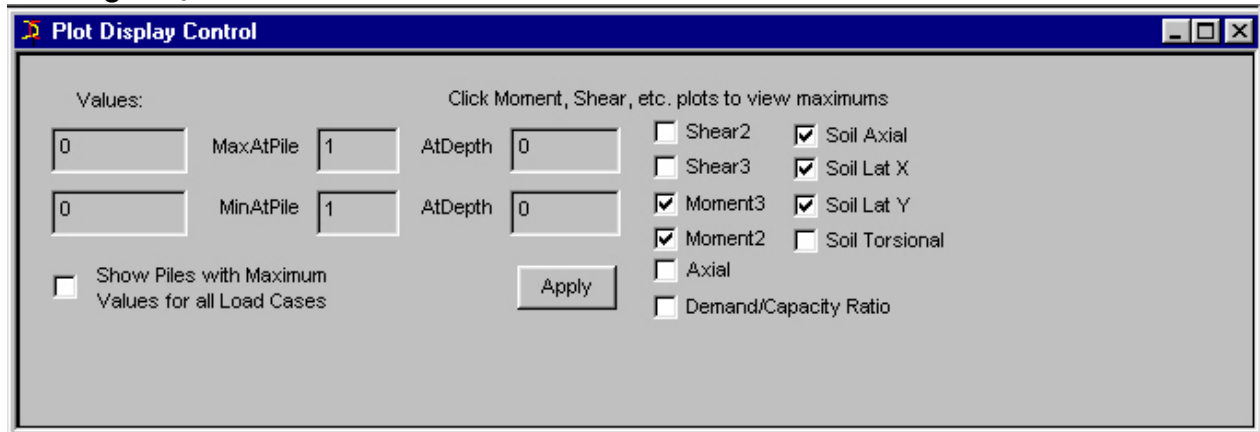
#### 3.4.2 Cửa sổ Pier Selection

Cửa sổ Pier Selection tương tự như cửa sổ Pile Selection. Để xem giá trị nội lực của nhiều trụ có thể được chọn cùng 1 lúc. Để xem giá trị nội lực tại mỗi mặt cắt, ta chỉ có thể chọn 1 phần của kết cấu trụ hoặc xà mũ cho 1 lần xem kết quả.



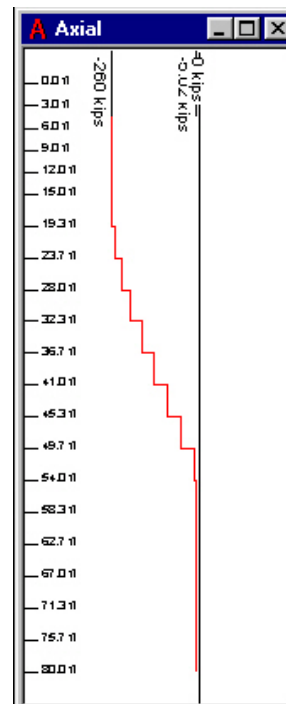
### 3.4.3 Cửa sổ Plot Display Control

Cửa sổ Plot Display Control dùng để lựa chọn giá trị nội lực cần phân tích và xem các giá trị lớn nhất và nhỏ nhất của nó.



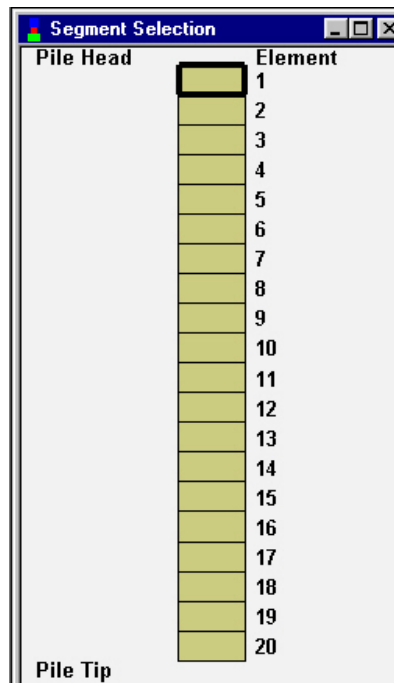
### 3.4.4 Cửa sổ Force Plot

Cửa sổ Force Plot dùng để xem kết quả của lực dọc trục. Biểu đồ lực dọc trục của trục được hiện như ví dụ. Căn cứ vào lực dọc và mômen để bố trí cốt thép cho cọc cũng như các bộ phận khác.



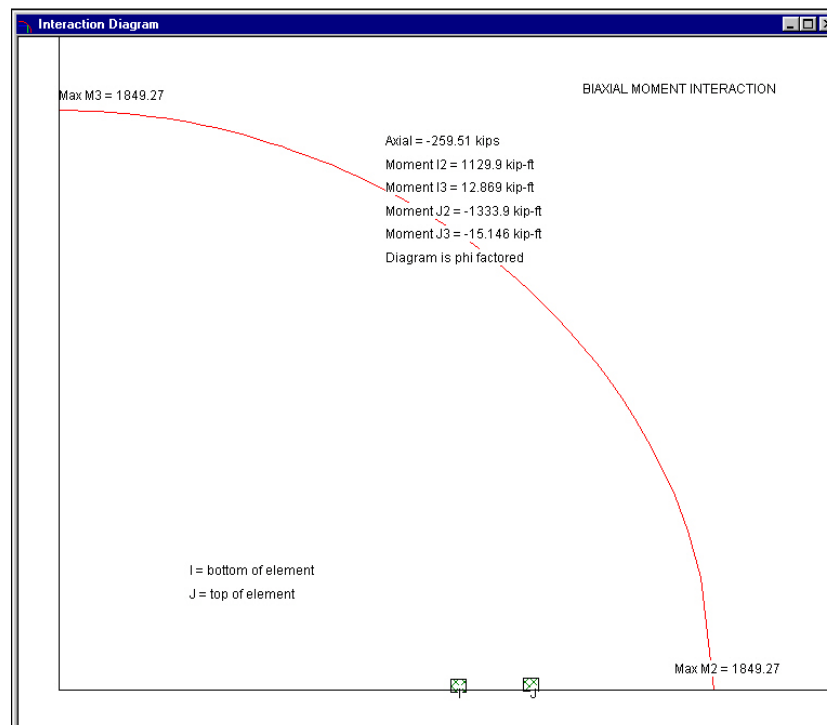
### 3.4.5 Cửa sổ Segment Selection

Cửa sổ Segment Selection dùng để chọn mặt cắt cần xem kết quả



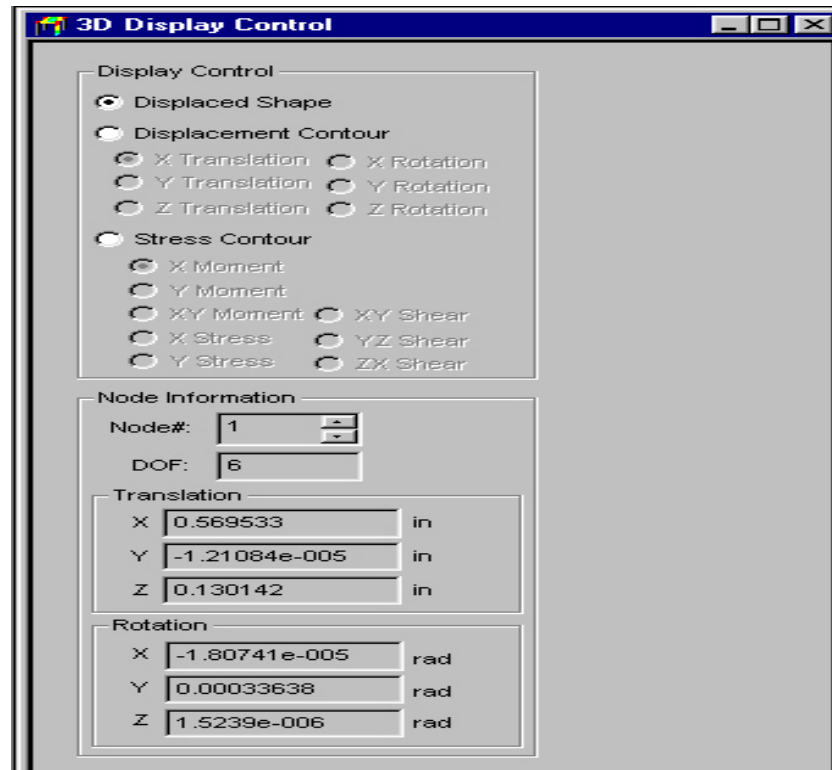
### 3.4.6 Cửa sổ Interaction Diagram

Cửa sổ Interaction Diagram dùng để xem biểu đồ nội lực tại mỗi mặt cắt cọc và kết cấu phần trên.



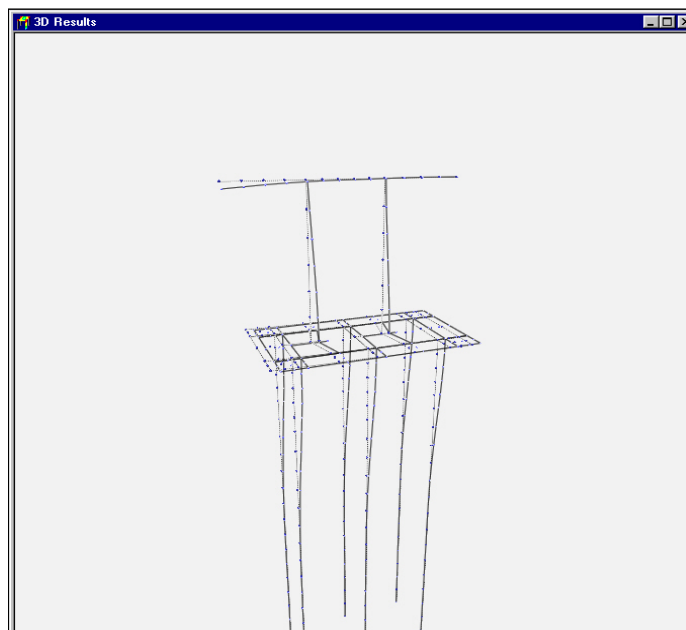
### 3.4.7 Cửa sổ 3D Display

Cửa sổ 3D Display hiển thị kết quả trong 3D. Nó cũng dùng để xem chuyển vị cho cả cọc và bệ móng tại các nút khác nhau ứng với trường hợp tải trọng được cho.



### 3.4.8 Cửa sổ 3D Results

Cửa sổ 3D Results dùng để xem hình dạng chuyển vị của kết cấu (mẫu) sau khi đã nhập tải trọng.



### **3.5 Thanh trạng thái (Status Bar)**

Thanh trạng thái ở phía dưới của màn hình (nếu kích hoạt từ menu Control). Thanh trạng thái chứa các thông tin về ngày và giờ.

### **3.6 Các chức năng khác của chương trình**

#### **3.6.1 Cửa sổ Reopening**

Khi người dùng đóng 1 hay nhiều cửa sổ từ 4 cửa sổ chính trong khi đang làm dự án, các cửa sổ này có thể mở lại vào bất cứ lúc nào bằng cách nhấp chuột vào nút Model Edit trên thanh công cụ. Ta cũng làm việc này đối với các cửa sổ bị thu nhỏ hoặc ẩn sau các cửa sổ khác.

#### **3.6.2 Thay đổi Font**

Các Font cần được điều chỉnh cho phù hợp với yêu cầu của khách hàng (làm dự án). Font có thể được điều chỉnh bằng cách vào menu Control. Khi Font đã được cài đặt sẽ có hiệu lực cho các lần chạy sau. Các Font được điều chỉnh cho cả hộp thoại, đồ thị và biểu đồ.

#### **3.6.3 Thay đổi p-y Multipliers**

#### **3.6.4 Cửa sổ Pile Number và Pile Edit**

Tab Pile trong cửa sổ Properties dùng để xác định số lượng các vị trí điểm lưới của cọc theo phương x và y, việc này dùng để thiết lập lưới cọc.

Cọc thực tế trên lưới này thể hiện trong cửa sổ Pile Edit. Chương trình FB-Pier cho phép việc thiếu cọc, vì thế số lượng các cọc thực tế không phải là số lượng các điểm lưới, nhưng sẽ luôn luôn ít hơn hoặc bằng số lượng của các điểm lưới.

#### **3.6.5 Xóa các trường hợp tải trọng**

FB-Pier hiện tại không cho phép người dùng xóa Load Case 1. Người dùng phải nhập ít nhất 1 trường hợp tải trọng làm cơ sở cho việc phân tích.

## **CHƯƠNG IV: TÍNH TOÁN KẾT CẤU MÓNG MỐT RỤ CẦU TRONG FB-PIER**

### **I. Các bước tính toán.**

#### **<1> Bước 1: Số liệu tính toán:**

- + Tải trọng tác dụng (Tải trọng thẳng đứng, ngang, mômen...)
- + Số liệu lớp đất (Chiều dày, trọng lượng riêng, góc nội ma sát, hệ số toi xóp, hệ số biến dạng, mô đun đàn hồi, cường độ chịu nén, cường độ cắt không thoát nước,...)
- + Vật liệu sử dụng (Cọc, bệ cọc, thân trụ...)

#### **<2> Bước 2: Nội dung tính toán**

- + Tính toán nội lực, ứng suất, chuyển vị của bệ móng.
- + Tính toán nội lực, chuyển vị của các cọc.

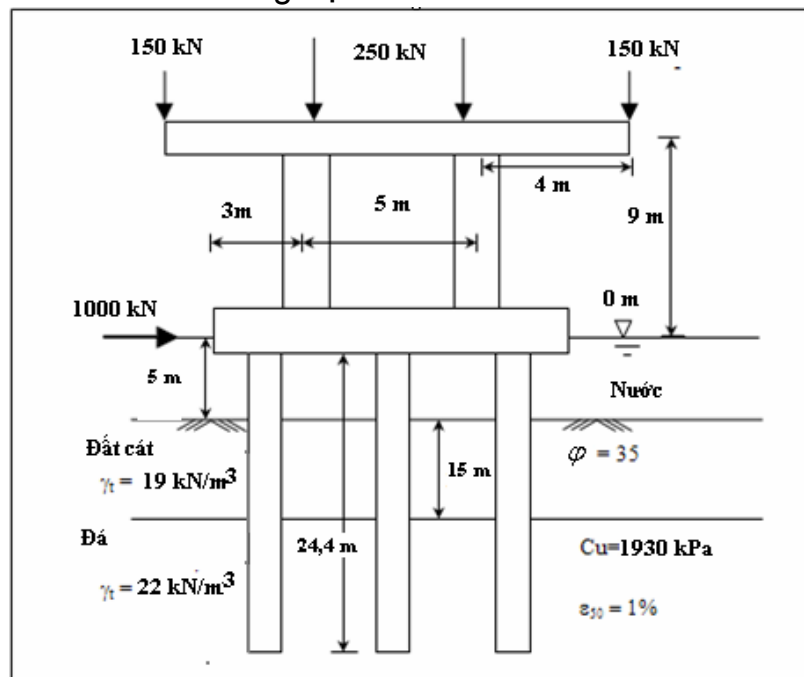
#### **<3> Bước 3: Trình tự tính toán**

- + Thiết lập các thông số đầu vào.
  - Lựa chọn kết cấu và hệ đơn vị tính toán
  - Thiết lập thông số tính toán.
- + Nhập số liệu cho Cọc và bệ cọc.
- + Nhập số liệu địa chất.
- + Nhập số liệu trụ và xà mũ
- + Nhập số liệu tải trọng và tổ hợp tải trọng.
- + **Xuất kết quả.**
  - Xuất kết quả dạng đồ họa.
  - Xuất kết quả dạng file text.



## II. Các ví dụ tính toán

**1> Ví dụ 1 :** Tính toán kết cấu trụ và nền làm việc đồng thời  
Cho kết cấu móng trụ cầu và đất nền như hình vẽ.

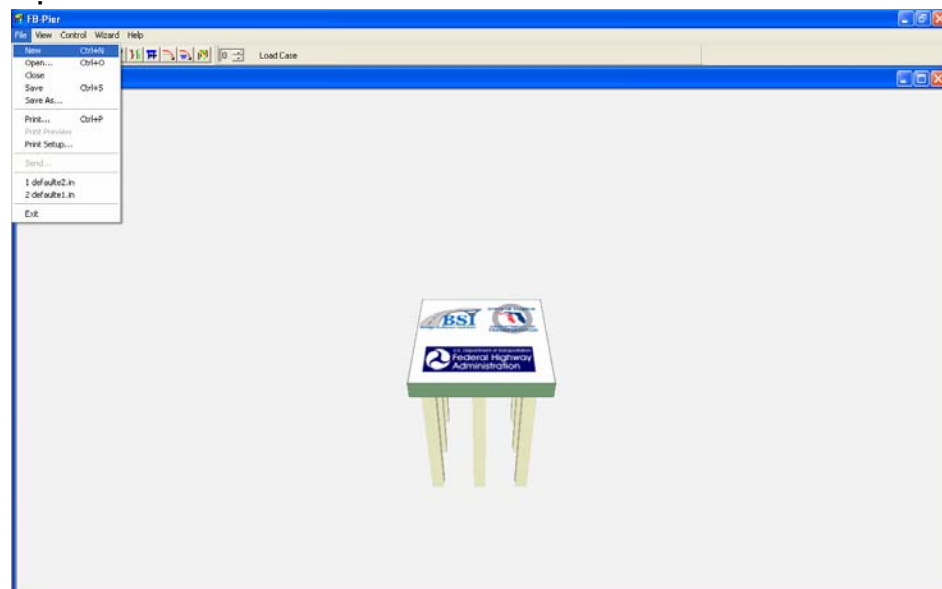


## 2> Trình tự tính toán

### 2.1. Thiết lập các thông số đầu vào

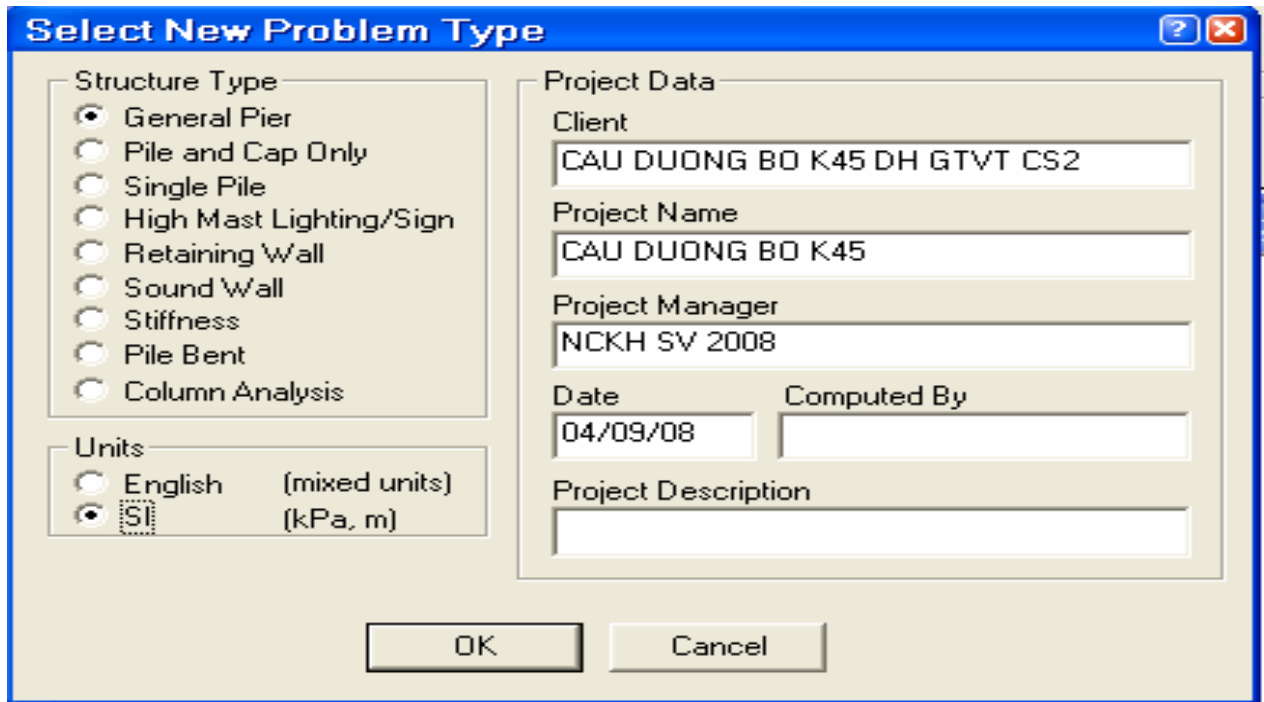
#### 2.1.1 Lựa chọn kết cấu và hệ đơn vị tính toán

- Vào File-> chọn New.

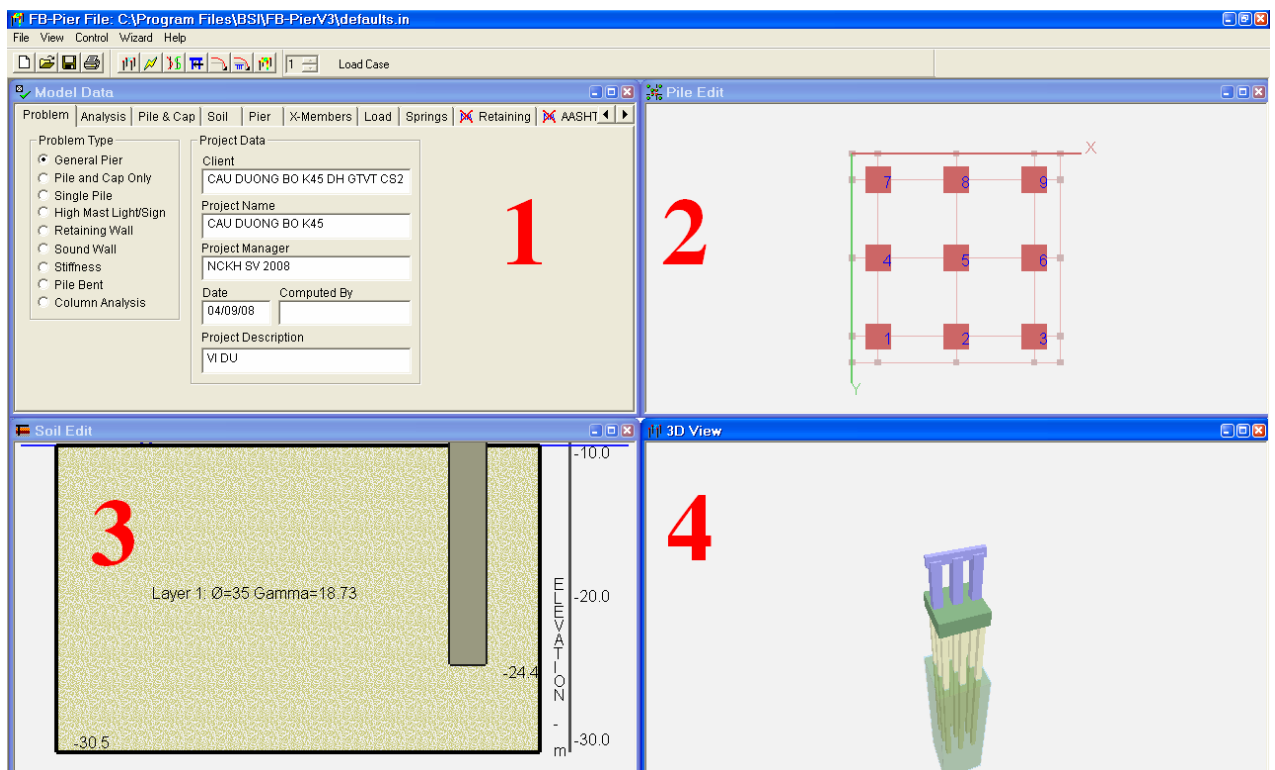


- Trong hộp thoại select new problem type chọn:  
+ Structure Type: (loại kết cấu) Chọn General Pier : (trụ và đất nền làm việc đồng thời)

- + Units: (Hệ đơn vị) Chọn SI(KPa,m)
- + OK



### 2.1.2 Thiết lập các thông số trong quá trình tính toán.



- + Cửa sổ 1. cửa sổ khai báo thuộc tính cho kết cấu

- + Cửa sổ 2. mô hình mặt cắt cọc
- + Cửa sổ 3. mô hình các lớp đất
- + Cửa sổ 4. Mô hình 3D kết cấu

## 2.2 Nhập số liệu cọc và bộ móng

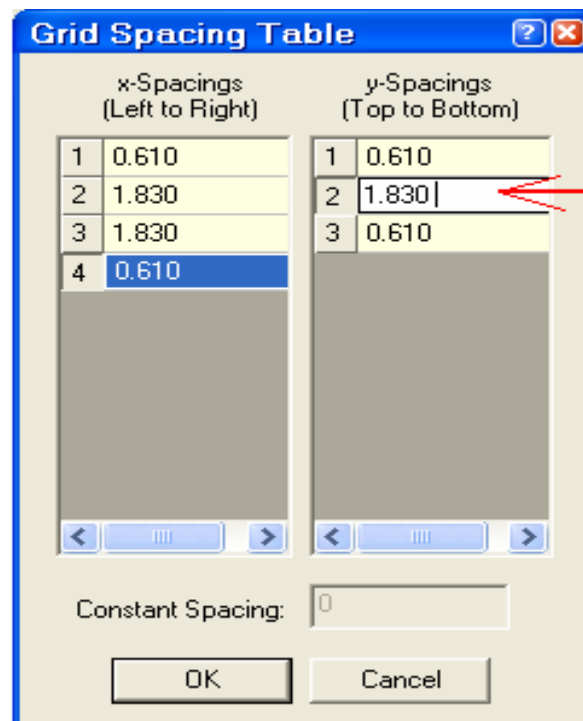
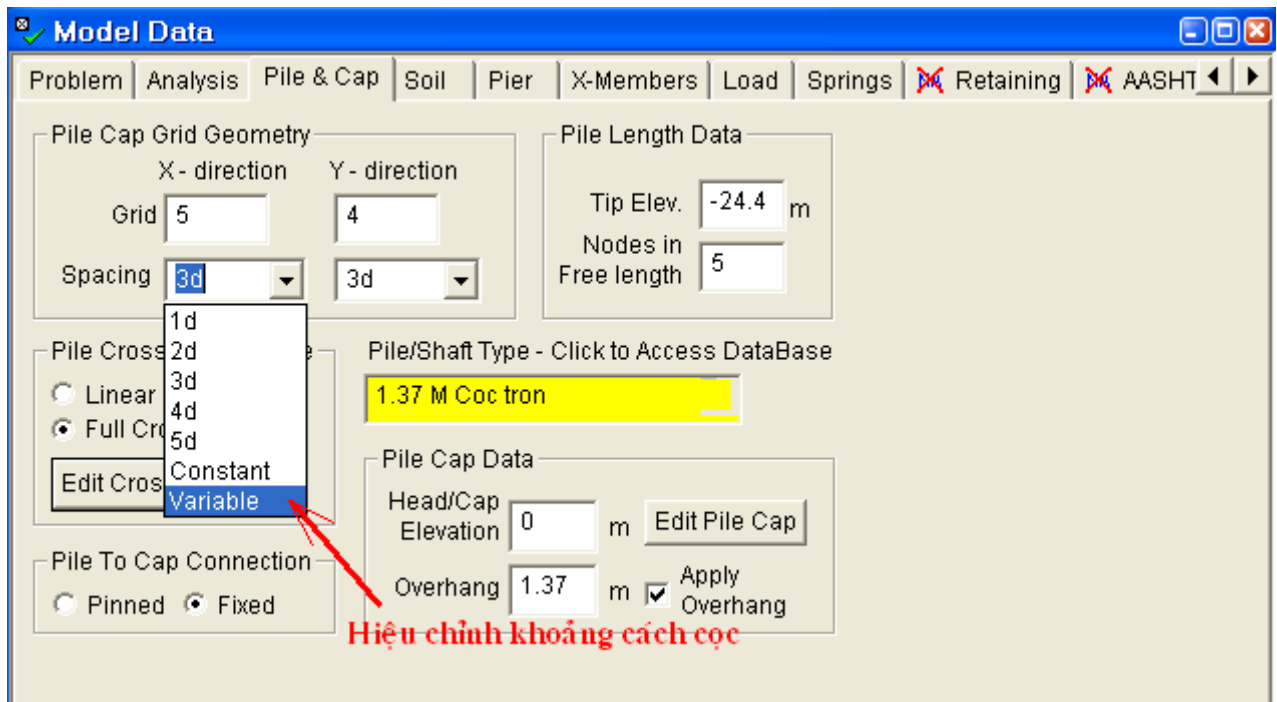
Các lưu ý khi nhập số liệu bao gồm :Hệ thống đơn vị, hệ trục tọa độ.

### 2.2.1. Nhập số liệu cọc.:

- +Từ cửa sổ Model Data -> Chọn Pile & Cap
- + Nhập thông số cho cọc

#### 1 . Nhập khoảng cách giữa các cọc/ Piel cap Gird Geometry .

- X – direction: 5 .Theo phương x sẽ có 5 đường lưới
- Y – direction: 4 Theo phương y sẽ có 4 đường lưới
- Spacing : (Xem và hiệu chỉnh khoảng cách giữa các cọc và các trục tọa độ)  
Spacing -> Variable
  - + X- direction :3d khoảng cách các cọc theo phương X bằng 3 lần đường kính cọc.
  - +Y – direction :3d khoảng cách các cọc theo phương Y bằng 3 lần đường kính cọc.



## 2. Chia phần tử cọc trong phần tự do/ Pile Length Data

- Tips Elev : Chiều sâu mũi cọc.
- Nodes in Free length: Số lượng nút của phần tử trong đoạn tự do

### 3. Nhập mặt cắt cọc/ Pile Cross Section Type

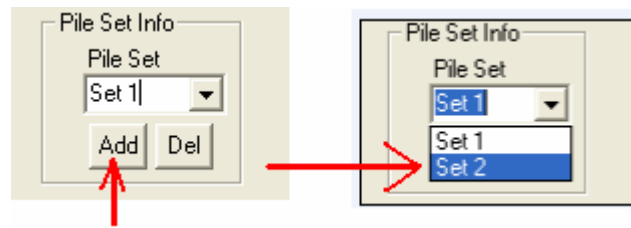
- Chọn Full Cross Section: dạng mặt cắt đầy đủ
- Chọn Edit Cross Section: hiệu chỉnh mặt cắt cọc

- Khai báo các đặc trưng vật liệu và thông số của cọc

#### Trong đó

##### 1. Pile Set info: Cọc có chiều dài thay đổi.

Để tính toán cho móng có nhiều cọc có chiều dài khác nhau. FB-PIER sử dụng mô hình Pile Set khác nhau. Ví dụ trong móng có 2 loại cọc có chiều dài khác nhau là 15m và 20m chúng ta đặt Pile set gồm: Pile Set 1: cho cọc có chiều dài 15m, Pile Set 2: cho cọc có chiều dài 20m. Điều này sẽ được làm rõ ở ví dụ trong thuyết minh.



**2. Database Section Selection:** Lựa chọn dữ liệu

- Use Database Section: Sử dụng thông số mặt cắt tiêu chuẩn
- Modify current Section: Người dùng tự định nghĩa các thông số mặt cắt.

Trong ví dụ này chọn Modify current Section.

**3. Section Type:** Dạng mặt cắt.

- Curcular : cọc tròn (chọn)
- Rectangular : cọc chữ nhật
- H – Pile : cọc chữ H
- Pipe Pile : cọc ống

Chọn Edit Section Contents để khai báo cốt thép cọc

**4. Section Demensions:** Khai báo kích thước cọc và chiều dài cọc.

- Length: chiều dài cọc (24.4m).
- Diameter: Đường kính cọc tròn ( 1.37m ).
- Width: Bề rộng mặt cắt ngang cọc (Đối với mặt cắt chữ nhật)
- Depth: Bề ngang mặt cắt ngang cọc (Đối với mặt cắt chữ nhật)
- Unit Weight: Trọng lượng bản thân cọc (25 kN/m)

**5. Material Properties:** Khai báo đặc trưng vật liệu làm cọc

- Default Stress Strain: Lực kéo nén tiêu chuẩn (chọn cho ví dụ)
- Custom Stress Strain: Lực kéo nén tự định nghĩa
- Tiếp theo chọn Edits Properties để hiệu chỉnh thông số vật liệu .Ban đầu mặc định chỉ cho phép khai báo thuộc tính của bê tông.Sau khi đã khai báo thuộc tính của bê tông ,chọn Edit section contents để khai báo cốt thép cho cọc ,sau đó chọn lại Edit properties để khai báo các thông số vật liệu cho thép sử dụng.

**Default Stress/Strain Curves** [?] [X]

Print

Custom

Segment1

<input type="checkbox"/> Mild Steel	0	Yield Stress, kPa
<input type="checkbox"/> Prestress	0	Modulus, kPa
<input checked="" type="checkbox"/> Concrete	32000	f'c Compressive, kPa
<input type="checkbox"/> H Pile	30405590	Concrete Modulus, kPa
<input type="checkbox"/> Shell	0	Ultimate Prestress, kPa
	0	Prestress Modulus, kPa

Note: Grayed values are not applicable for the defined material and can be activated by editing the section contents.

Set concrete f'c to zero for no concrete.

OK Cancel

Cường độ Bê tông  
ở 28 ngày tuổi

Modul đàn hồi  
của bê tông

**Default Stress/Strain Curves** [?] [X]

Print

Custom

Segment1

<input checked="" type="checkbox"/> Mild Steel	345000	Yield Stress, kPa
<input type="checkbox"/> Prestress	200000000	Modulus, kPa
<input type="checkbox"/> Concrete	32000	f'c Compressive, kPa
<input type="checkbox"/> H Pile	30405590	Concrete Modulus, kPa
<input type="checkbox"/> Shell	0	Ultimate Prestress, kPa
	0	Prestress Modulus, kPa

Note: Grayed values are not applicable for the defined material and can be activated by editing the section contents.

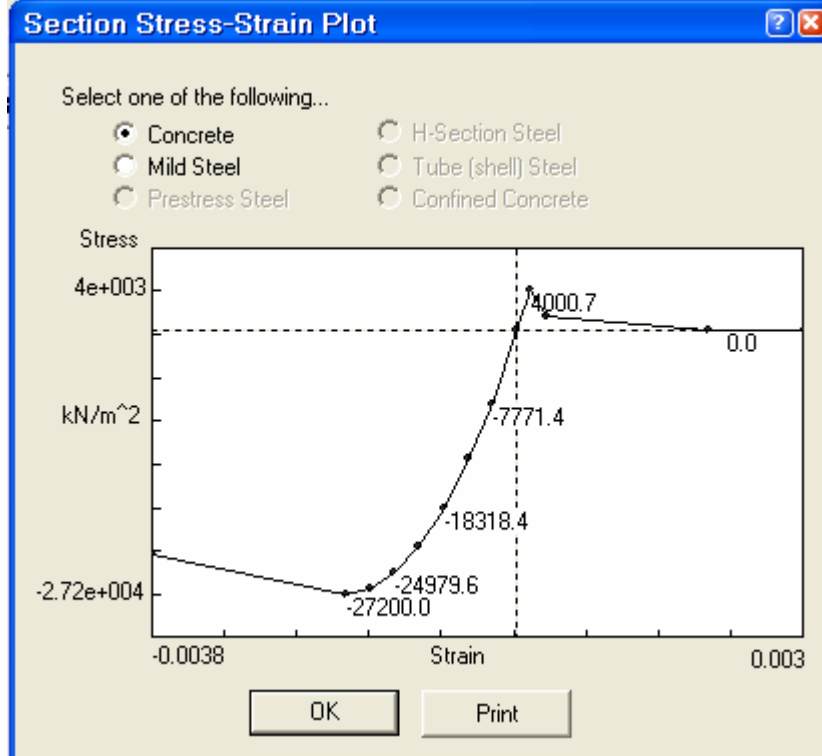
Set concrete f'c to zero for no concrete.

OK Cancel

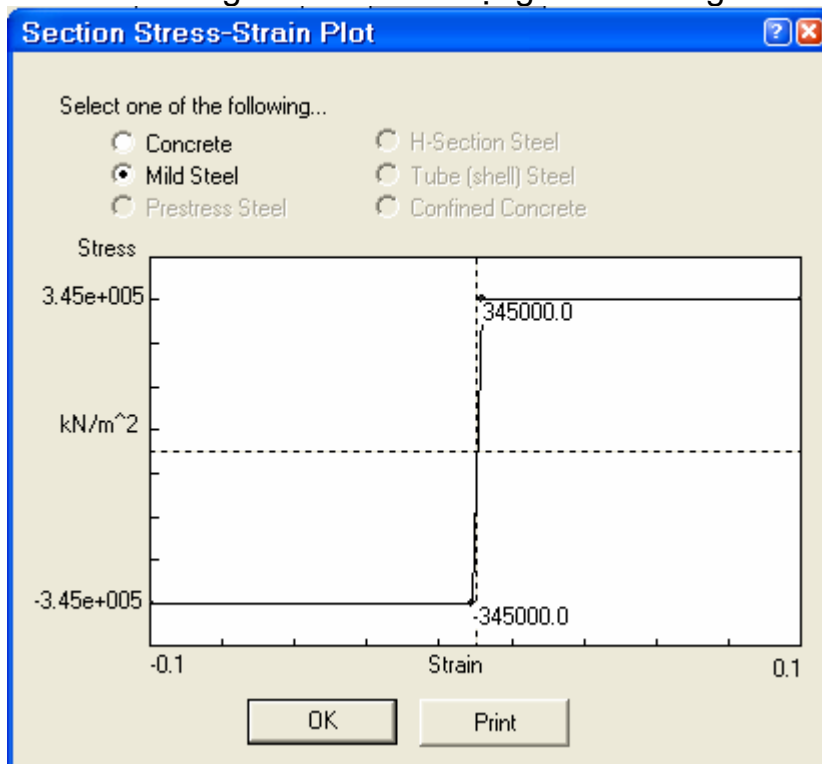
giới hạn chảy  
của cốt thép

modul đàn hồi

- Chọn Plot Stress Strain: Xem biểu đồ ứng suất và biến dạng



Biểu đồ ứng suất và biến dạng của bê tông.



Biểu đồ ứng suất và biến dạng của thép.



#### 4 . Chọn loại cọc tiêu chuẩn / Pile Shaft Type – Click to Access DataBase

Lựa chọn các loại mặt cắt tiêu chuẩn.

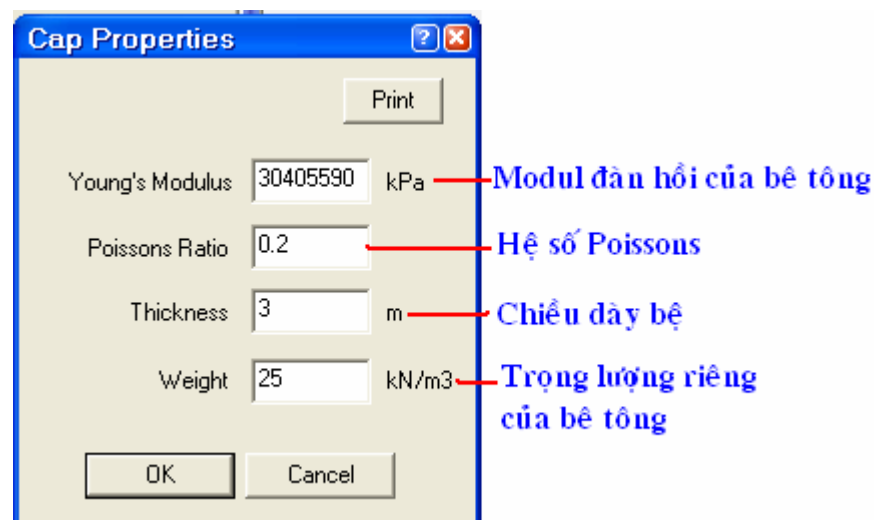
- H-Pile /Pipe Pile : Mặt cắt dạng chữ H.
- Precast : Cọc chế tạo sẵn.
- Circular : cọc tròn đặc và cọc ống.
- Mutiple: Một số loại cọc khác

Trong ví dụ này chọn cọc tròn đường kính  $D = 1,37\text{m}$

##### 2.2.2 Nhập số liệu cho bệ cọc

#### 5 . Nhập số liệu bệ cọc / Pile Cap Data

- Head Cap elevation: Cao độ của bệ cọc (xét đến trọng tâm bệ cọc)
- Chọn Apply overhang:
- Nhập giá trị vào Over hang: Khoảng cách từ tim cọc ngoài cùng đến mép bệ.
- Chọn Edit Pile Cap để hiệu chỉnh thuộc tính bệ.



#### 6 . Liên kết cọc và bệ / Pile to Cap Connection

- Pinned: Liên kết khớp
  - Fixed :Liên kết ngàm
- Chọn liên kết ngàm

#### 2.3. Nhập số liệu địa chất.

Từ cửa sổ Model Data -> chọn Soil

### 2.3.1 Nhập số liệu lớp 1

The screenshot shows the 'Model Data' dialog box with the following settings:

- Soil Layer Data:**
  - Soil Set: Set 1
  - Soil: Layer 1
  - Soil Type: Cohesionless
  - Unit: 19 kN/m3
- Soil Strength Criteria:**
  - Internal Friction Angle: 35 Degrees
  - # Cycles: 0
  - Use SPT 'N' Value: [ ]
- Soil Layer Models:**
  - Lateral: Sand (Reese)
  - Axial: Drilled Shaft
  - Torsional: Hyperbolic
  - Tip: Driven Pile
  - Specify Top and Bottom Layer Pi: [ ]
- Elevations:**
  - Water Table: 0 m
  - Top of Layer: -5 m
  - Bottom of: -15 m

#### 1.. Nhập số liệu các lớp đất/ Soil Layer Data:

Trong đó:

- Soil Set: Nhóm đất sử dụng trong mô hình
- Soil Layer: Tên của các lớp đất
- Soil Type: Loại đất, FB\_Pier sử dụng mô hình của 3 loại đất đá trong tính toán:
  - Cohesionless: Đất cát
  - Cohesion: Đất sét
  - Rock: Đá
  - Pile: Các loại đất sử dụng cho tính toán cọc nào
- Unit Weight: Dung trọng tự nhiên của đất

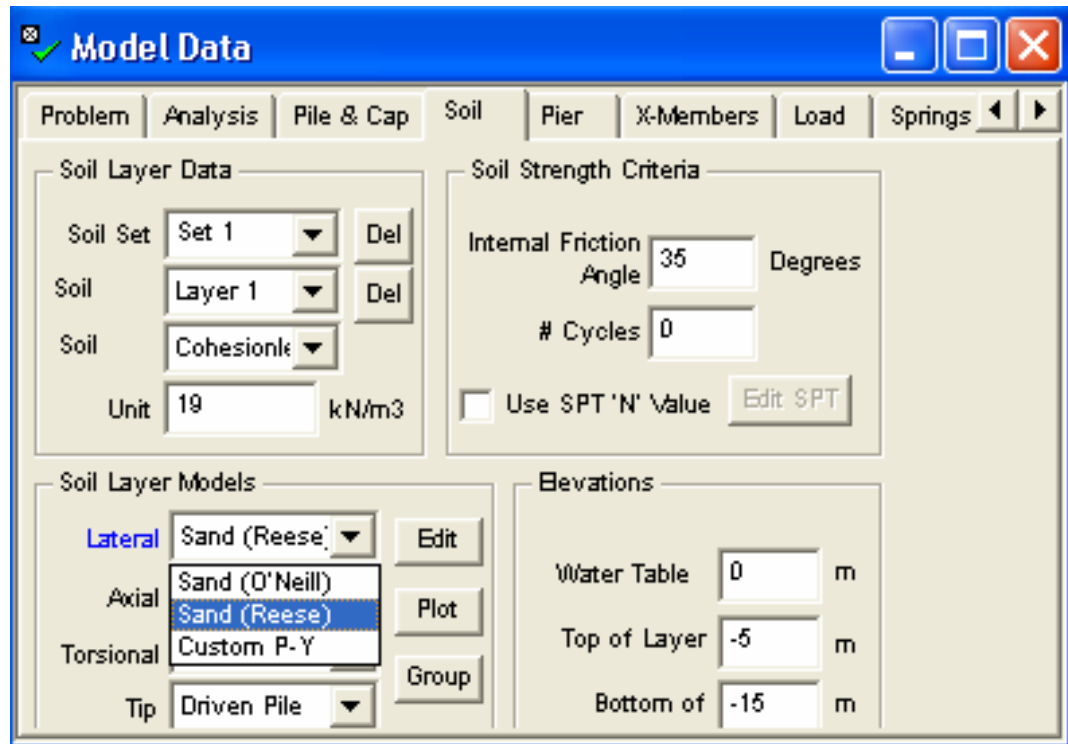
#### 2. Nhập số liệu cơ lý của đất/ Soil Strength Criteria:

- Đối với đất cát: Thông số cần nhập là góc ma sát trong/ Internal Friction Angle
- Đối với đất sét: Thông số cần nhập là cường độ cắt không thoát nước/ Undrained shear Strength
- Đối với đá: Thông số cần nhập là cường độ nén của đá (thí nghiệm không nở hông), xem trong tiêu chuẩn thí nghiệm ASTM D2938

- Đối với giá trị của #Cycles: Giá trị này chỉ yêu cầu đối với các mô hình tương tác theo lý thuyết của Reese và Welch's Stiff Clay Above Water Table. Thường chọn giá trị là 0.

**3.** Nhập số liệu chiều dày các lớp đất/ Elevations:

- Water: Cao độ của mực nước ngầm.
- Top of Layer: cao độ đỉnh lớp đất
- Bottom of Layer: cao độ đáy lớp đất.



**4.** Lựa chọn mô hình tương tác giữa cọc và đất nền/ Soil Layer Models

Mô hình tương tác giữa lực ngang đỉnh cọc (P) và chuyển vị ngang của cọc (Y) hay “ Mô hình P-Y ”.

Trong mô hình này FB\_Pier cho phép sử dụng các lý thuyết sau:

**Đối với đất cát:**

$$p = \eta A p_u \tanh \left[ \left( \frac{kz}{A \eta p_u} \right) y \right]$$

O'Neill (1984) xây dựng mô hình đường cong p-y cho đất cát

Trong đó:

$\eta$  = Hệ số xét đến hình dạng mặt cắt của cọc (với cọc có mặt cắt tròn  $\eta = 1$ );

$A = 0.9$  cho tải trọng lặp;

$= 3-0.8 z/D$  cho tĩnh tải;  $D$  = Đường kính của cọc;

$p_u$  = Sức kháng cự hạn đơn vị;

$k$  = Modun phản lực ngang của đất (lb/ft<sup>3</sup> or N/m<sup>3</sup>). Giá trị  $p_u$  được lấy là giá trị nhỏ nhất trong 2 công thức sau:

$$p_u = \gamma z \left[ D(K_p - K_a) + zK_p \tan \phi \tan \beta \right]$$

$$p_u = \gamma D z \left( K_p^3 + 2K_0 K_p^2 \tan \phi + \tan \phi - K_a \right)$$

Với:

$z$  = chiều sâu của lớp đất tính từ mặt đất đất thiên nhiên

$K_a$  = Hệ số áp lực chủ động Rankin

$$K_a = (1 - \sin \phi) / (1 + \sin \phi)$$

$K_b$  = hệ số áp lực bị động Rankin

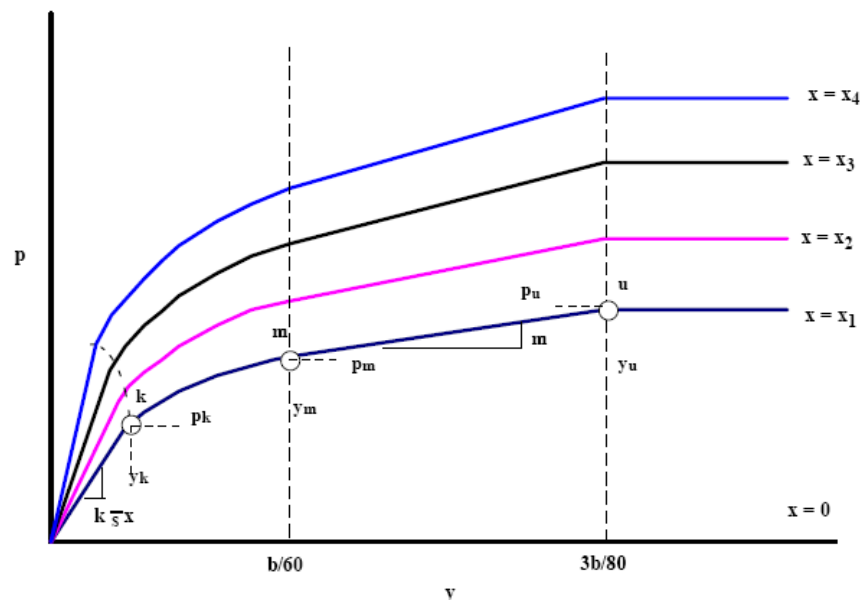
$$K_b = 1 / K_a$$

$$K_0 = 1 - \sin \phi$$

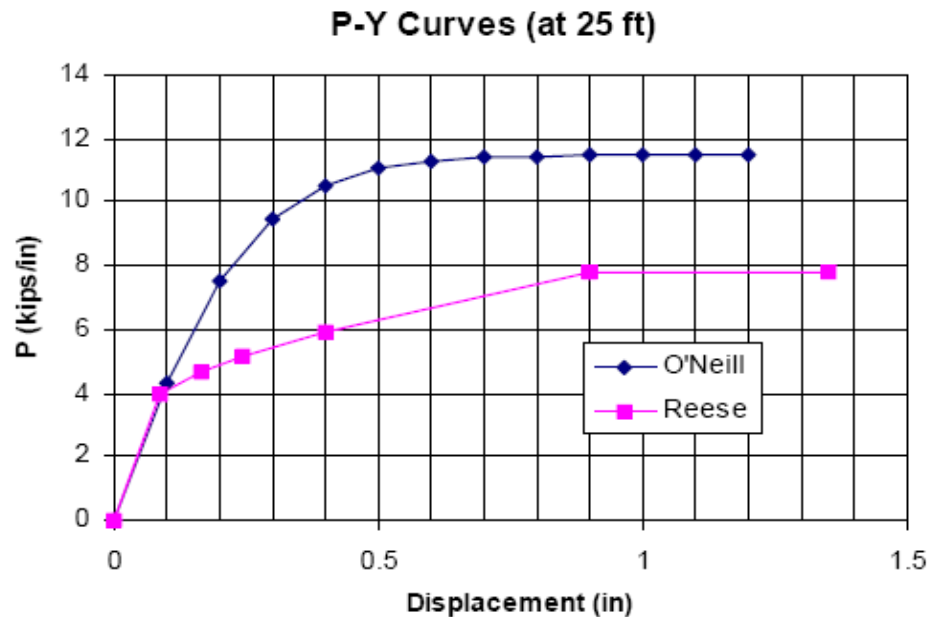
$\phi$  = Góc ma sát trong của cát

$$\beta = 45 + \phi / 2$$

Reese (1974) xây dựng mô hình đường cong  $p$ - $y$  cho đất cát:

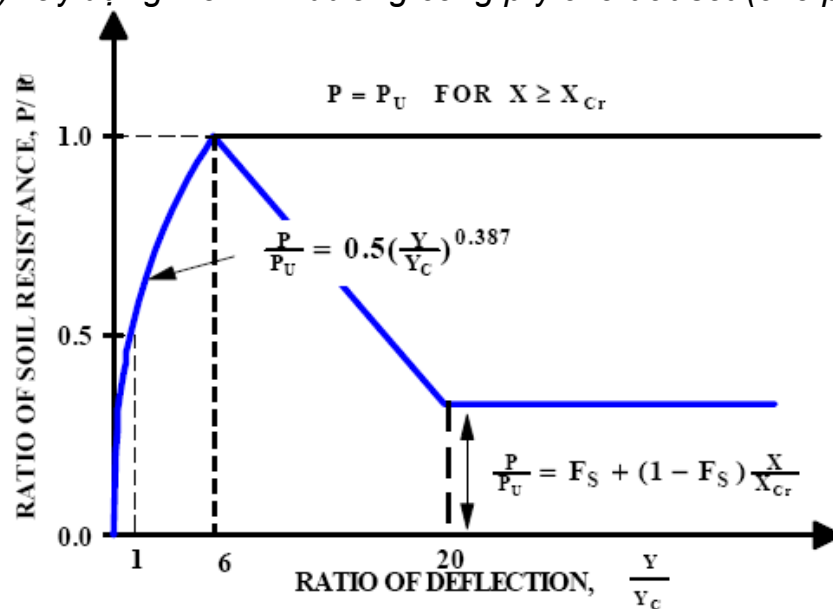


So sánh 2 mô hình trên trong cùng 1 loại đất:

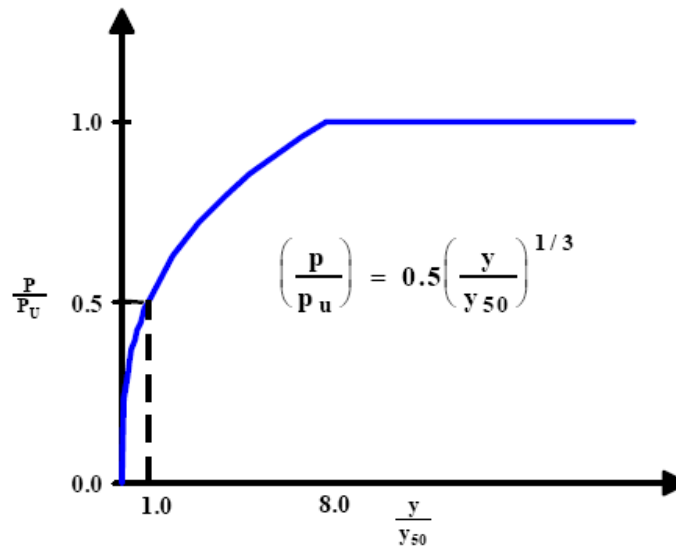


**Đối với đất sét:**

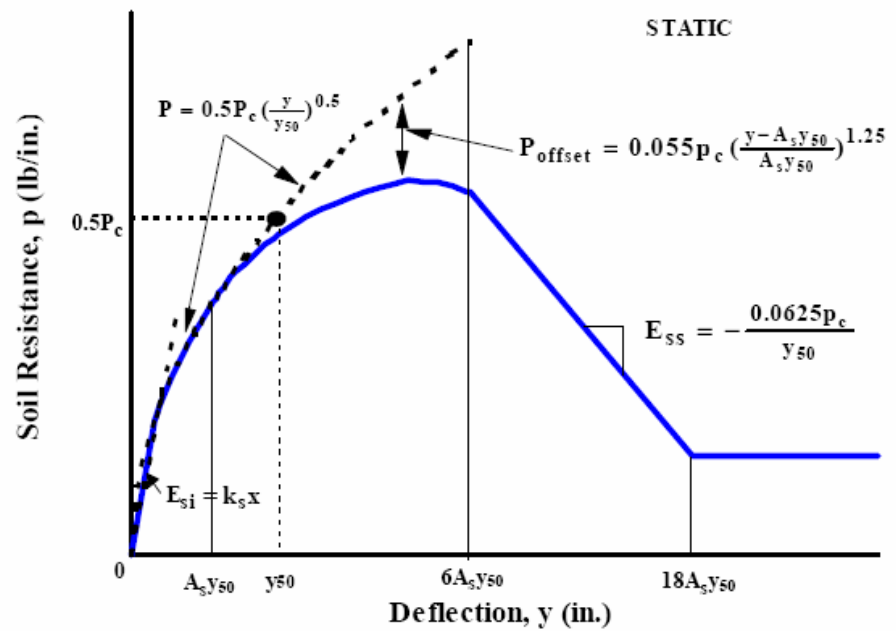
O'Neill (1984) xây dựng mô hình đường cong p-y cho đất sét (cho phân tích tĩnh):



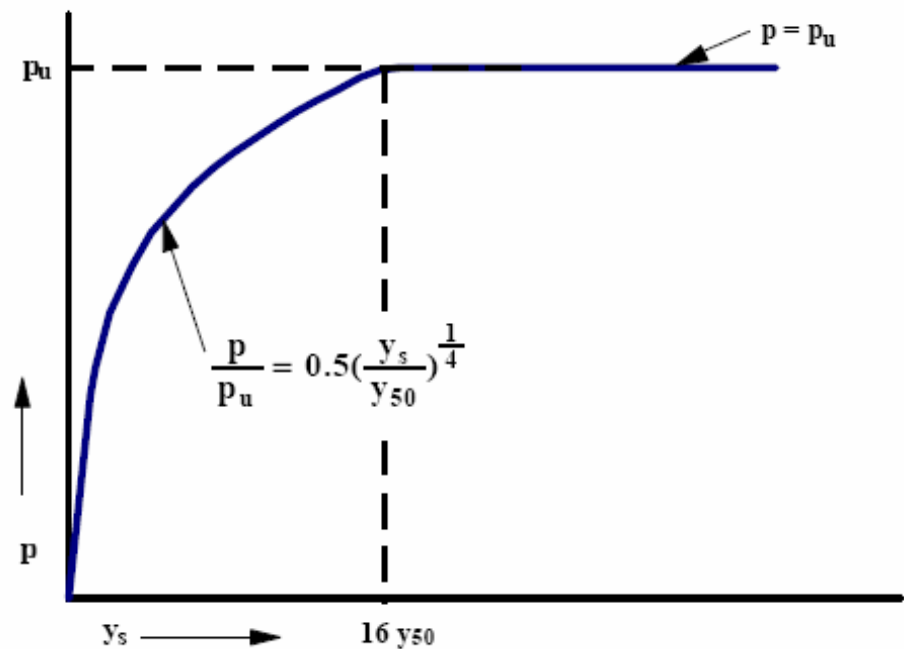
Matlock's Soft Clay Below Water Table



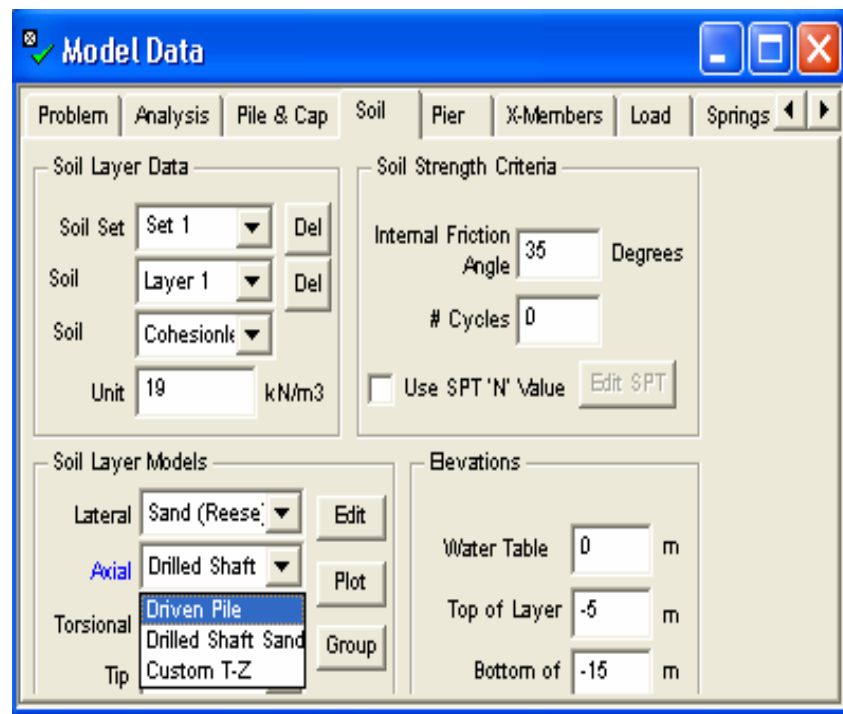
Reese's Stiff Clay Below Water Table



Reese and Welch's Stiff Clay Above Water Table



Mô hình tương tác giữa lực dọc trục (T) và chuyển vị thẳng đứng (Z) hay “  
Mô hình T-Z”



### Driven Pile:

Đường cong T-Z sử dụng trong mô hình tương tác giữa cọc và đất nền dọc theo chiều dài cọc của cọc đóng được Maclay, 1989 chỉ ra như sau:

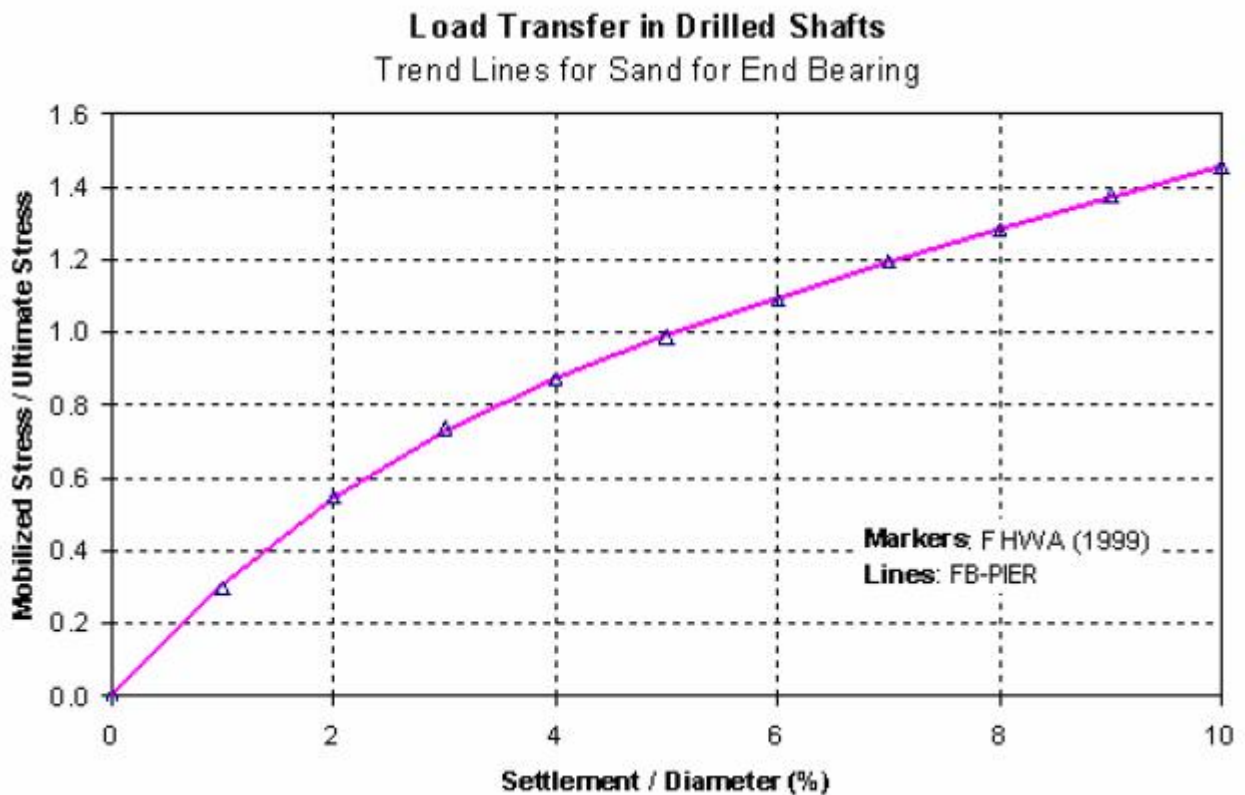
$$Z = \frac{\tau_o r_o}{G_i} \left[ \ln \frac{(r_m - \beta)}{(r_o - \beta)} + \frac{\beta (r_m - r_o)}{(r_m - \beta)(r_o - \beta)} \right]$$

Trong đó:

$$\beta = \frac{r_o \tau_o}{\tau_f}$$

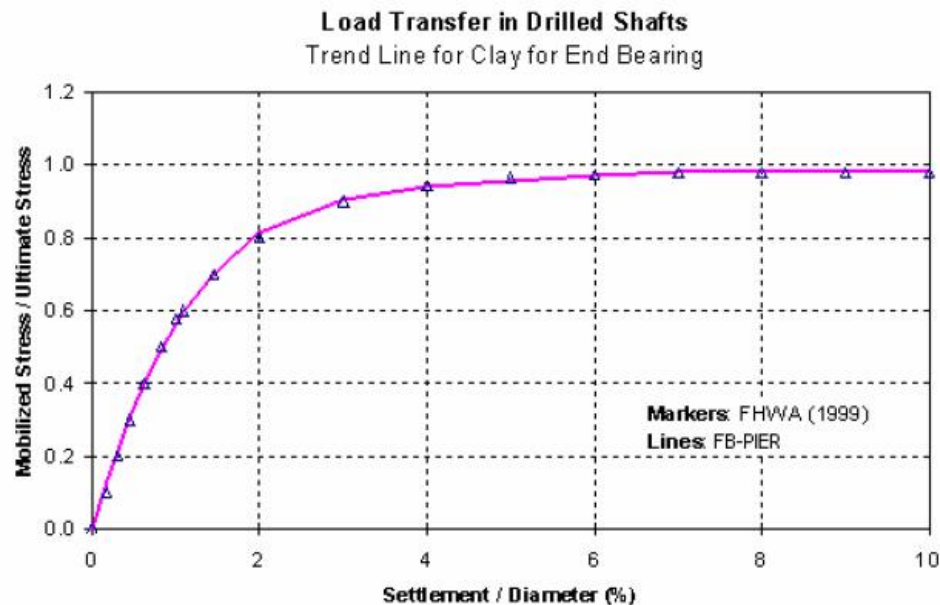
### Drilled and Cast Insitu Piles/Shfts:

Đối với cọc khoan sử dụng mô hình cho đất cát





Đối với cọc khoan sử dụng mô hình cho đất sét:



Mô hình tương tác giữa mômen xoắn đỉnh cọc (T) và chuyển vị xoay của cọc ( $\theta$ ) hay “Mô hình T-  $\theta$ ”.

**Model Data**

Problem Analysis Pile & Cap Soil Pier X-Members Load Springs

Soil Layer Data

Soil Set: Set 1 Del

Soil: Layer 1 Del

Soil: Cohesion k Del

Unit: 19 kN/m<sup>3</sup>

Soil Strength Criteria

Internal Friction Angle: 35 Degrees

# Cycles: 0

☐ Use SPT 'N' Value Edit SPT

Soil Layer Models

Lateral: Sand ( Reese ) Edit

Axial: Driven Pile Plot

Torsional: Hyperbolic Group

Tip: Hyperbolic Custom T- $\theta$

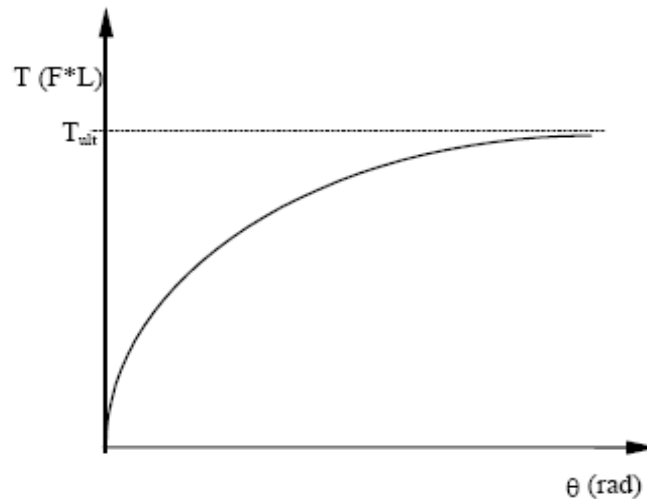
Elevations

Water Table: 0 m

Top of Layer: -5 m

Bottom of: -15 m

FB\_Pier sử dụng đường cong Hyperbolic Curve trong mô hình tương tác T-  $\theta$ :



Thay đổi các đặc trưng cơ lí cho lớp đất 1

- Chọn Lateral -> kích đúp chuột trái ->(màu xanh xuất hiện)
- Từ hộp thoại Soil Layer Models -> chọn Edit để hiệu chỉnh lớp đất
- Nhập các thông số cho lớp -> OK

The screenshot shows a software dialog box titled "Additional Soil Properties". It contains the following fields and values:

Field	Value	Unit
Lateral Model	Lateral Model	
Soil Layer Models	Sand (Reese)	
Internal Fric. Angle	35	degrees
Total Unit Weight	19	kN/m <sup>3</sup>
Subgrade Modulus	40715	kN/m <sup>3</sup>

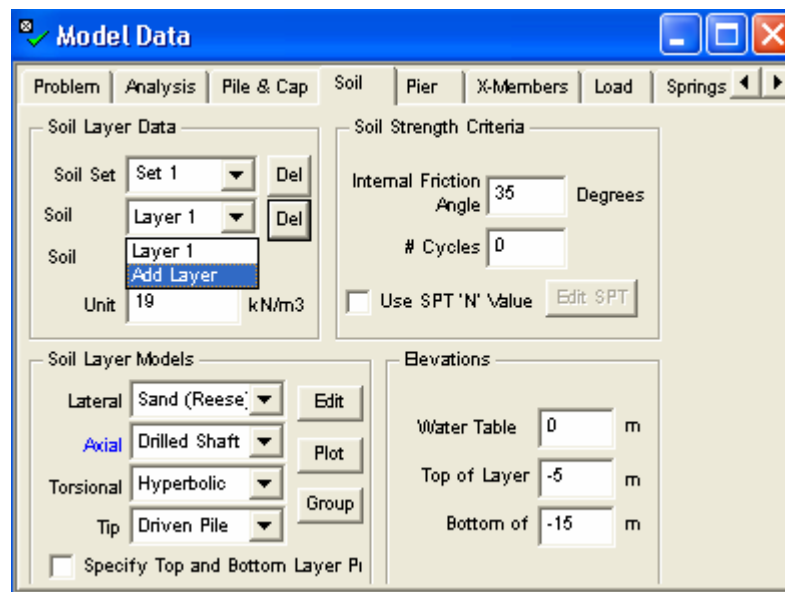
Buttons: Print, OK, Cancel.

Trong đó : + Internal Fric Angle : góc ma sát trong của lớp đất

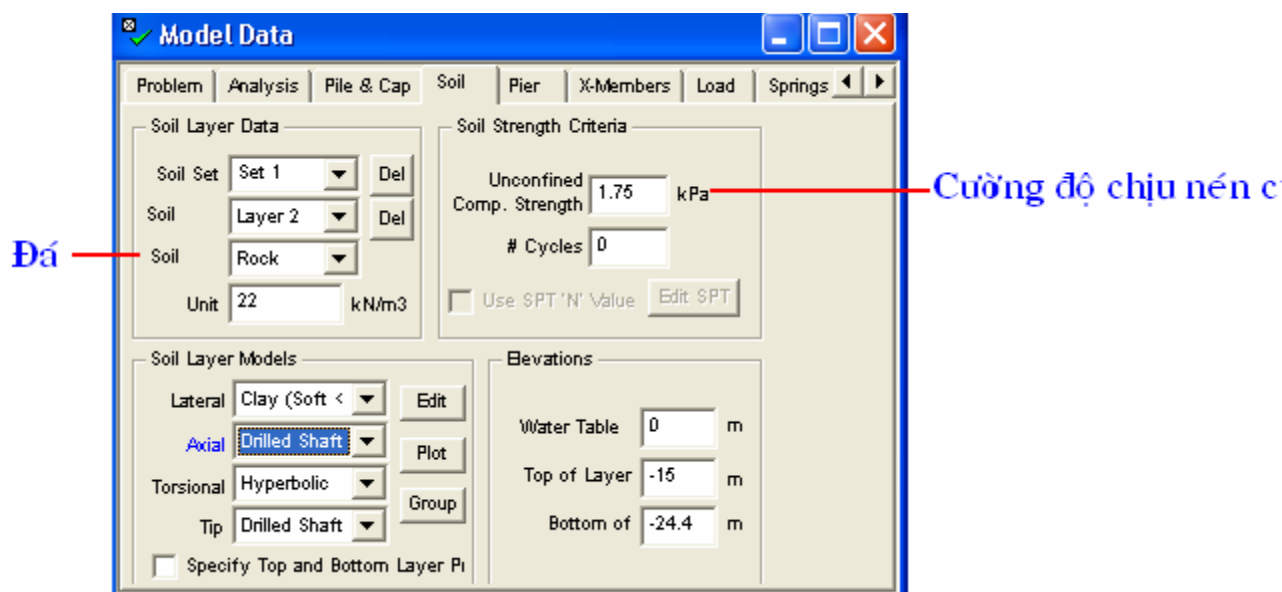
- Total unit Weight: Trọng lượng riêng của lớp đất
- Subgrade Modulus : modul đàn hồi
- 

### 2.3.2 Nhập số liệu lớp 2:

- Vào Soil Type -> chọn Add layer.



- Thay đổi thông số các lớp đất thứ 2 như hình vẽ.



- Thay đổi các thuộc tính cơ lí cho lớp 2
  - Chọn Lateral -> kích đúp chuột trái -> (màu xanh xuất hiện)
  - Từ hộp thoại Soil Layer Models -> chọn Edit để hiệu chỉnh lớp đất
  - Nhập các thông số cho lớp -> OK

The screenshot shows a software dialog box titled "Additional Soil Properties". It contains several input fields and labels:

- Lateral Model:** A dropdown menu currently showing "Clay (Soft < Water)".
- Print:** A button in the top right corner.
- Undrained Shear Str.:** An input field containing the value "1930", with the unit "kPa" to its right. A red arrow points from the Vietnamese text "Cường độ cắt không thoát nước" (Undrained shear strength) to this field.
- Total Unit Weight:** An input field containing the value "22", with the unit "kN/m3" to its right. A red arrow points from the Vietnamese text "Trọng lượng riêng của lớp đất" (Unit weight of the soil layer) to this field.
- Major Strain @50:** An input field containing the value "0.01". A red arrow points from the Vietnamese text "Hệ số biến dạng" (Deformation coefficient) to this field.
- Buttons:** "OK" and "Cancel" buttons at the bottom.

Handwritten Vietnamese annotations in blue ink are present:

- "Cường độ cắt không thoát nước" (Undrained shear strength) pointing to the Undrained Shear Str. field.
- "Trọng lượng riêng của lớp đất" (Unit weight of the soil layer) pointing to the Total Unit Weight field.
- "Hệ số biến dạng" (Deformation coefficient) pointing to the Major Strain @50 field.

- Chọn Axial -> Edit -> nhập thông số lớp đất -> Ok

**Additional Soil Properties**

Print

Axial Model

Drilled Shaft Rock

1.75 Unconfined Compressive kPa

22 Total Unit Weight kN/m3

137895 Mass Modulus (Em) kPa

0.5 Modulus Ratio (Em/Ei)

1 Surf. (1-Rough, 2-Smooth) độ nhám(1 lần, 2 nhám)

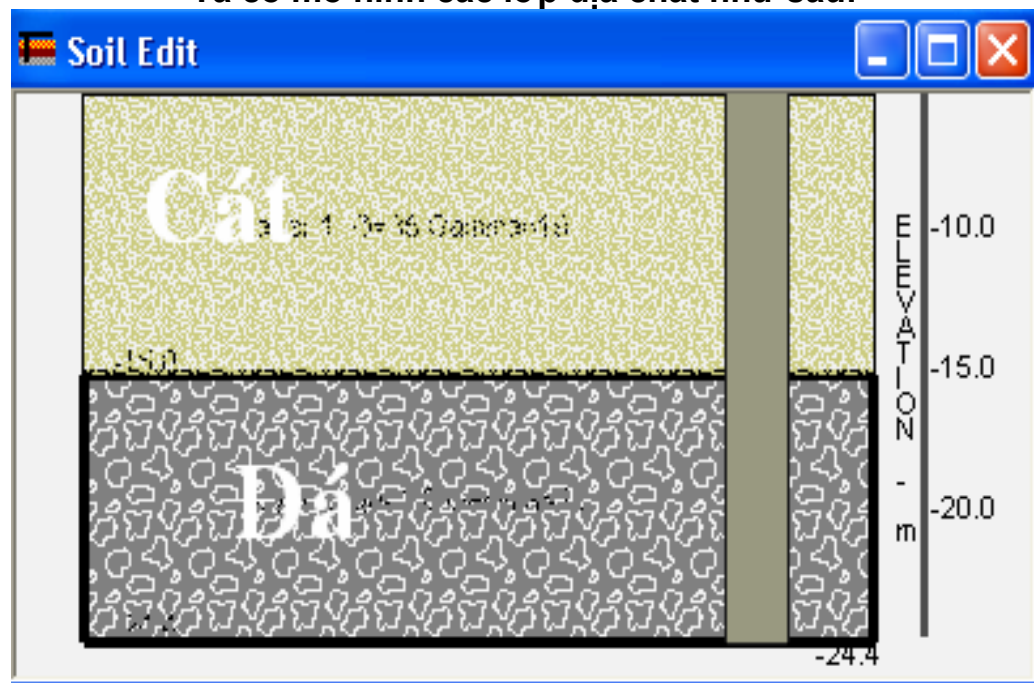
1930 Split Tensile Strength kPa Giới hạn độ chịu kéo

25 UnitWght Pile Concrete kN/m3

0.15 Slump Độ sụt m

OK Cancel

Ta có mô hình các lớp địa chất như sau:



## 2.4. Khai báo kích thước Trụ và Xà mũ.

### 2.4.1. Khai báo kích thước trụ: Từ cửa sổ Model Data -> chọn Pier

The screenshot shows the 'Model Data' dialog box with the 'Pier' tab selected. The 'Pier Geometry' section contains the following fields: Pier Height (9 m), Cantilever (4 m), Column Spacing (5 m), Column Offset (3 m), # Pier Cols (2), # Column Nodes (5), # Cantilever Nodes (3), and # Beam Nodes (4). There is a checkbox for 'Use Bearing Locs.' and a button labeled 'Bearing Locs.'. The 'Cross Section Type' section has radio buttons for 'Linear Properties' and 'Full Cross Section' (which is selected), with an 'Edit Cross Section' button below. The 'Taper Data' section includes checkboxes for 'Pier Column:', 'Pier Cap Beam:', and 'Pier Cap Cantilever:', each followed by a field for '# Taper Increments' (all set to 0). There is also a label '(even #)' next to the 'Pier Cap Beam' field. At the bottom, there is a 'Cantilever Taper' section with radio buttons for 'Linear' (selected) and 'Parabolic'.

- Trong Pier Geometry: Kích thước hình học của trụ

- Pier Height: Chiều cao trụ
- Cantilever: Phần nhô ra của xà mũ
- Column Spacing: Khoảng cách các trụ
- Column Offset: Độ dịch chuyển của trụ
- # Pier cols: Số lượng trụ
- #Column Nodes: Số phần tử nút trên cột
- #Cantiliver Nodes: Số nút phần nhô ra của xà mũ
- #Beam Nodes: Số nút phần tử xà mũ

## 2.4.2 Khai báo mặt cắt trụ

- Trong Cross section type -> chọn Full cross section
- Chọn Edit cross section để hiệu chỉnh mặt cắt trụ, xuất hiện hộp thoại như sau:

The screenshot shows the 'Pier Component Properties' dialog box. It contains several sections for configuring the pier component and its cross-section. The 'Pier Component' list includes 'Column' and 'Pier Cap'. The 'Cross Section' area displays a square with dimensions 3 and 2. The 'Database Section Selection' section has 'Modify Current Section' selected. The 'Section Type' section has 'Rectangular' selected. The 'Section Dimensions' section shows Diameter: 0.5 m, Width: 1.5 m, Depth: 1.5 m, and Unit Weight: 25 kN/m. The 'Material Properties' section has 'Default Stress Strain' selected. The 'Parabolic Taper Cantilever Data' section shows Depth at Base: 0.9144 m, Depth at Midpoint: 0 m, and Depth at Tip: 0 m. Buttons for 'Add', 'Remove', 'Print', 'Section Details', 'Retrieve Section', 'Save Section', 'Edit Section Contents', 'Edit Properties', 'Plot Stress Strain', 'OK', 'Cancel', and 'Help >>' are visible.

- Chọn Modify current section: mặt cắt tự định nghĩa
- Section Dimensions: kích thước mặt cắt
  - Diameter : đường kính (trụ tròn)
  - width : chiều rộng mặt cắt
  - Depth : chiều cao mặt cắt
  - Unit weight : trọng lượng riêng của vật liệu làm trụ
- Section Type : chọn loại mặt cắt
  - Circular : mặt cắt hình tròn
  - Rectangular : mặt cắt chữ nhật
  - H – Shape : mặt cắt chữ H
  - Bullet : dạng mặt cắt vát góc

- Material Properties: thuộc tính của vật liệu làm trụ
  - chọn default stress strain
  - chọn Edit properties :hiệu chỉnh thuộc tính của vật liệu làm trụ.Ban đầu chỉ hiệu chỉnh cho bê tông
  - $f'_c$  :cường độ bê tông ở 28 ngày tuổi, $f'_c=32$  Mpa
  - concrete Modulus:modun đàn hồi của bê tông  
$$E_c = 0.043 \cdot \gamma^{1.5} \cdot \sqrt{f'_c} = 30405590 \text{ Kpa}$$

**Default Stress/Strain Curves**

Print

Custom

Segment1

<input type="checkbox"/> Mild Steel	0	Yield Stress, kPa
<input type="checkbox"/> Prestress	0	Modulus, kPa
<input checked="" type="checkbox"/> Concrete	32000	$f'_c$ Compressive, kPa
<input type="checkbox"/> H Pile	30405590	Concrete Modulus, kPa
<input type="checkbox"/> Shell	0	Ultimate Prestress, kPa
	0	Prestress Modulus, kPa

Note: Grayed values are not applicable for the defined material and can be activated by editing the section contents.

Set concrete  $f'_c$  to zero for no concrete.

OK Cancel



### 2.4.3 Khai báo cốt thép cho trụ cầu:

- Từ section type -> chọn Edit section contents->xuất hiện hộp thoại

Rectangular Section Properties

Column

Print

Custom Linear Square Section

Edit Bar Groups

Add

Remove

Apply

Group Data

12 Number of Bars/Stands

Bar Area 0.00038 m²

Start 2 Coord -0.65 m

Start 3 Coord -0.65 m

Group Orientation:

☐ Horizontal (2) ☒ Vertical (3)

Select Steel Type:

☒ Mild Steel ☐ Prestress

Prestress After Losses 0 kPa

Void Data

☐ Circular ☐ Rectangular

☐ H-Pile Properties

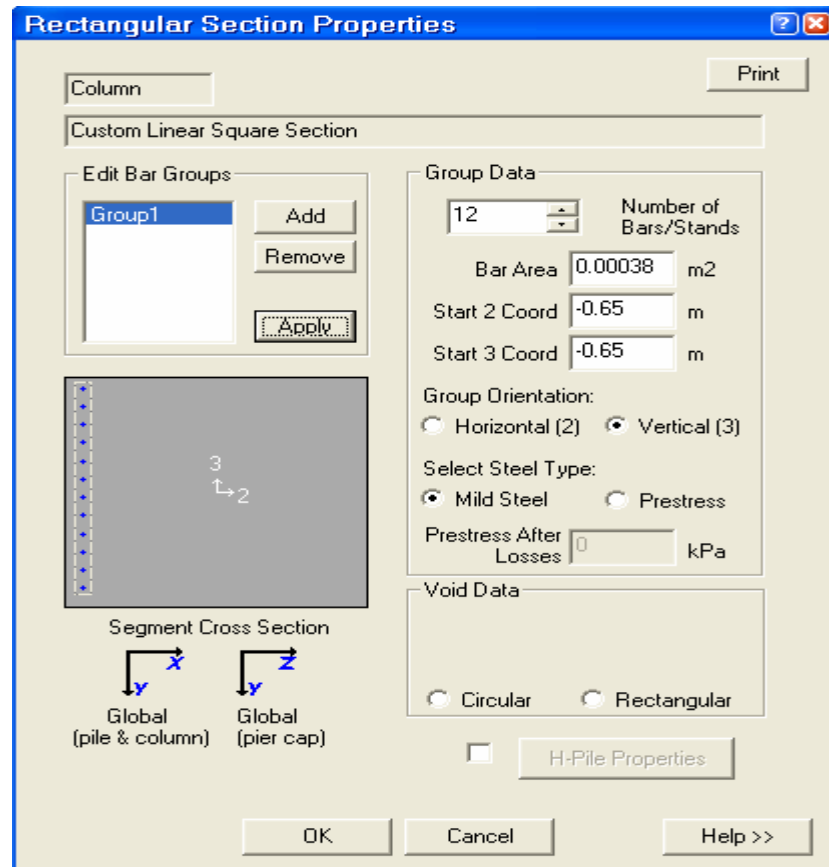
Segment Cross Section

Global (pile & column)

Global (pier cap)

OK Cancel Help >>

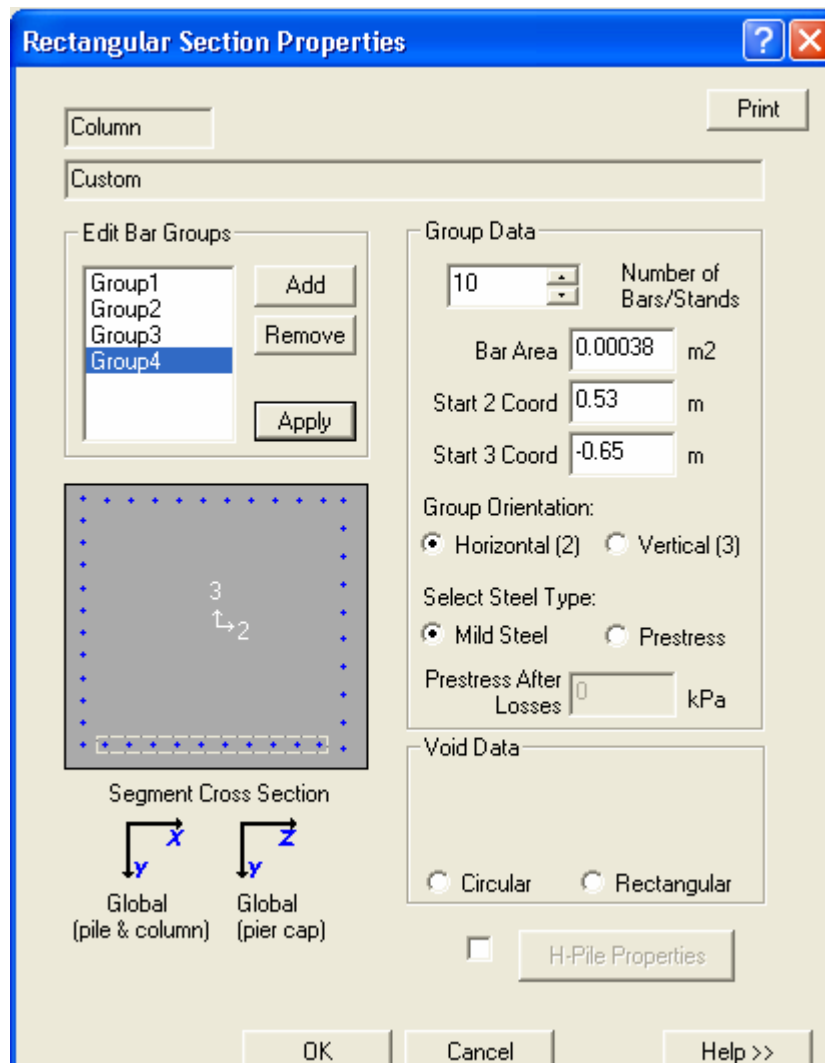
- Khai báo nhóm cốt thép 1:Group 1
  - chọn Add,khai báo các đặc tính của nhóm cốt thép 1
  - sau đó chọn Apply
  - Xuất hiện hộp thoại như sau:



Trong đó:

- Number of Bars / Stands: tổng số thanh trong nhóm 1
  - Bar Area: diện tích một thanh(sử dụng các thanh có đường kính 22 mm)
  - Start 2 coord: tọa độ bắt đầu của các thanh trong nhóm theo phương 2
  - Start 3 coord : tọa độ bắt đầu của các thanh trong nhóm theo phương 3
  - Horizontal: bố trí nhóm theo phương ngang
  - Vertical: bố trí nhóm theo phương dọc(chọn cho nhóm 1)
  - Mild Steel : thép thường(chọn cho ví dụ)
  - Prestress: thép dự ứng lực
- Tương tự chọn Add để khai báo cho nhóm 2 với số thanh là 10,tọa độ theo phương 2 và 3 là(-0.53 m ,0.65 m ),bố trí theo phương ngang
  - Nhóm 3 : 10 thanh,(0.65 m,0.65 m),bố trí theo phương dọc
  - Nhóm 4 : 10 thanh ,(0.53 m,-0.65 m)bố trí theo phương ngang
  - Chọn Ok

### Sơ đồ bố trí cốt thép



- Khai báo thuộc tính của cốt thép làm trụ
  - Từ material properties - > chọn Edit properties
  - Chọn Mild steel :thép cacbon thấp
  - Nhập các giá trị của thép sử dụng
  - Yield Stress : giới hạn chảy của thép:345 Mpa
  - Modulus :Modun đàn hồi của thép: $2.10^5$  Mpa
  - Chọn Ok

**Default Stress/Strain Curves**

Print

Custom Linear Square Section

Segment1

☒ Mild Steel      345000      Yield Stress, kPa

☐ Prestress      200000000      Modulus, kPa

☐ Concrete      34474      f'c Compressive, kPa

☐ H Pile      28958      Concrete Modulus, kPa

☐ Shell      0      Ultimate Prestress, kPa

0      Prestress Modulus, kPa

Note: Grayed values are not applicable for the defined material and can be activated by editing the section contents.

Set concrete f'c to zero for no concrete.

OK      Cancel

- Lưu mặt cắt
  - Chọn Save section
  - nhập tên mặt cắt -> Ok

**Section Database Save**

Enter a name for this section:

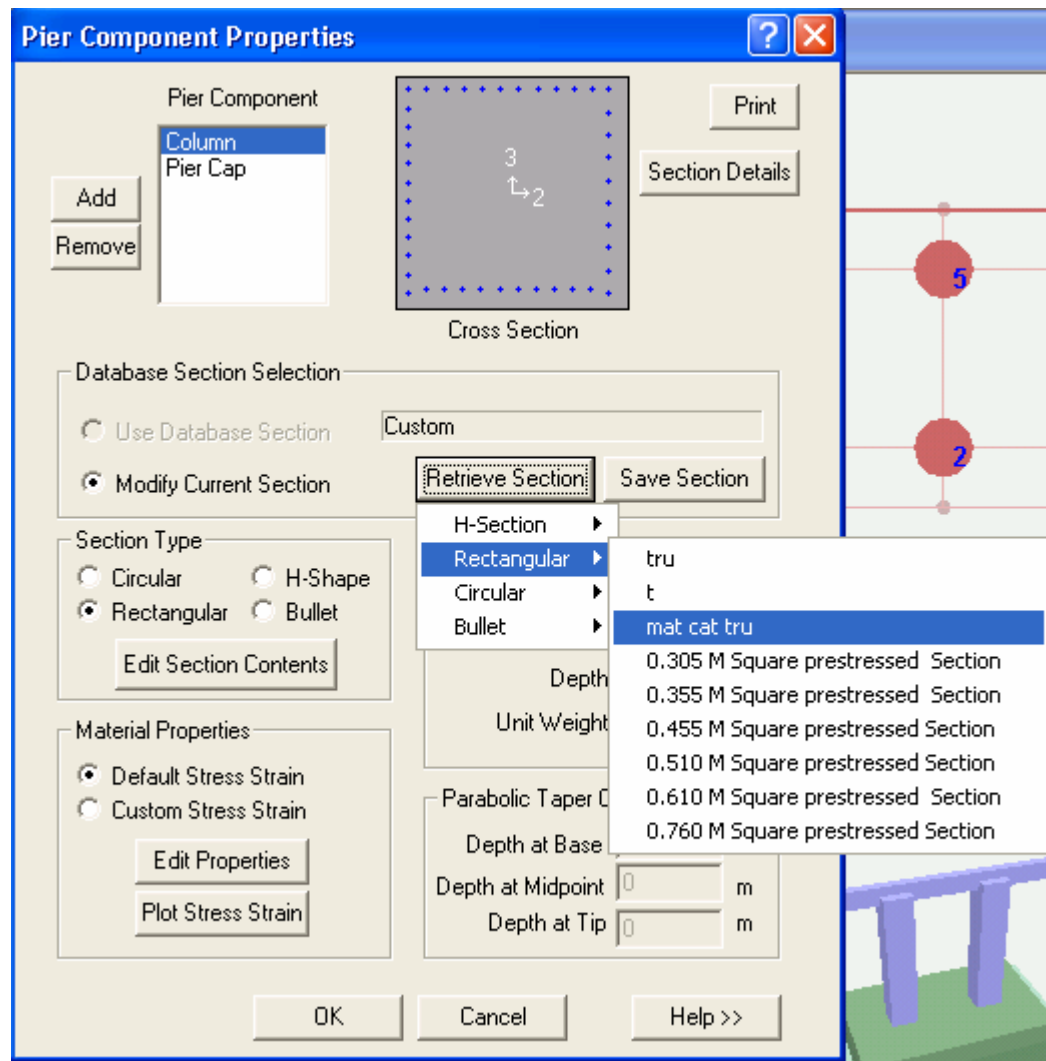
mat cat tru

Full Cross-section

C:\Program Files\BSI\FB-Pier\3\section13.smd

OK      Cancel

- Chọn Retrieve Section -> chọn mặt cắt đã khai báo-> Ok



#### 2.4.4 Khai báo các đặt trưng của xà mũ

- Tương tự như khai báo cho trụ cầu với dạng mặt cắt xà mũ là mặt cắt chữ nhật.
  - chiều rộng 1.5 m
  - chiều cao 1.2m
  - $f'_c = 32 \text{ Mpa}$
  - trọng lượng riêng bê tông  $\gamma_c = 25 \text{ KN/m}^3$
  - Concrete Modulus:  $E_c = 0.043 \cdot \gamma_c^{1.5} \cdot \sqrt{f'_c} = 30405590 \text{ Kpa}$
- Từ Pier component properties-> chọn Pier cap

Pier Component Properties

Pier Component

Column  
Pier Cap

Add  
Remove

Print

Section Details

Cross Section

Database Section Selection

☐ Use Database Section  
☒ Modify Current Section

Custom Linear Square Section

Retrieve Section  
Save Section

Section Type

☐ Circular  
☒ Rectangular  
☐ H-Shape  
☐ Bullet

Edit Section Contents

Section Dimensions

Diameter 1.5 m  
Width 1.5 m  
Depth 1.2 m  
Unit Weight 25 kN/m

Material Properties

☒ Default Stress Strain  
☐ Custom Stress Strain

Edit Properties  
Plot Stress Strain

Parabolic Taper Cantilever Data

Depth at Base 1.2 m  
Depth at Midpoint 0 m  
Depth at Tip 0 m

OK  
Cancel  
Help >>

- Khai báo các đặc trưng của bê tông làm xà mũ

Default Stress/Strain Curves

Print

Custom Linear Square Section

Segment2

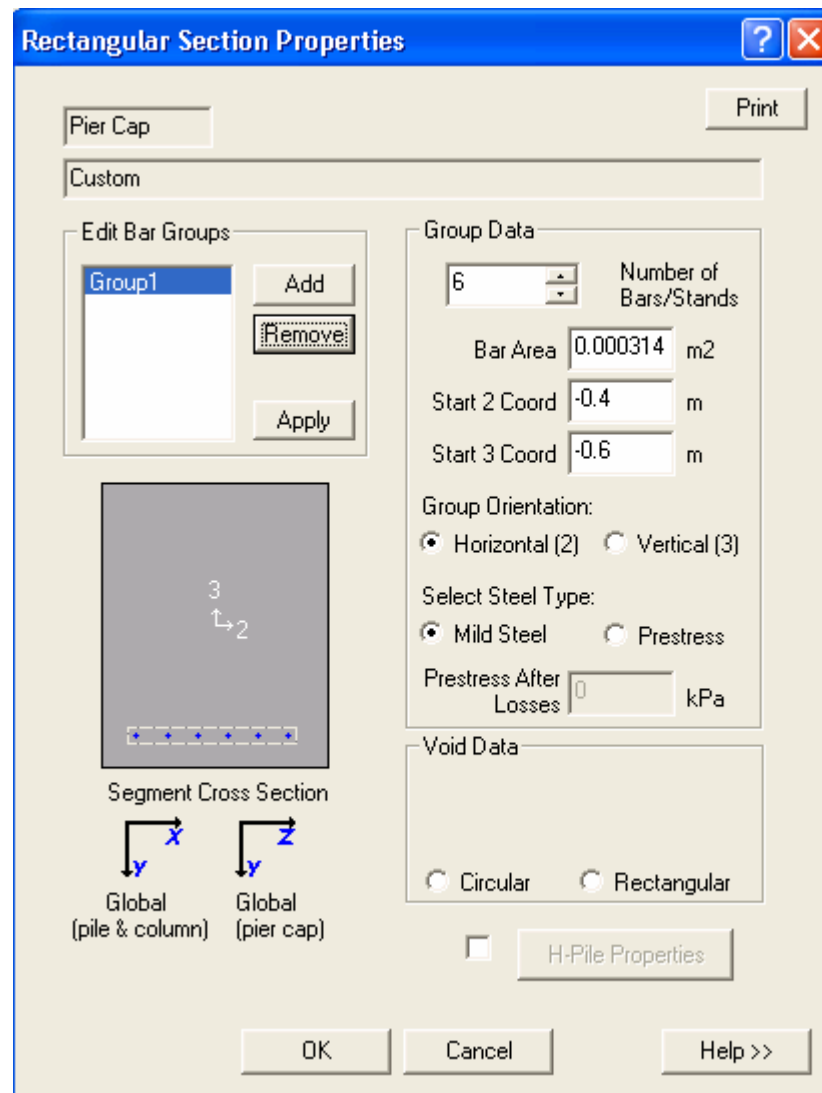
☐ Mild Steel  
☐ Prestress  
☒ Concrete  
☐ H Pile  
☐ Shell

Yield Stress, kPa  
Modulus, kPa  
f'c Compressive, kPa  
Concrete Modulus, kPa  
Ultimate Prestress, kPa  
Prestress Modulus, kPa

Note: Grayed values are not applicable for the defined material and can be activated by editing the section contents.  
Set concrete f'c to zero for no concrete.

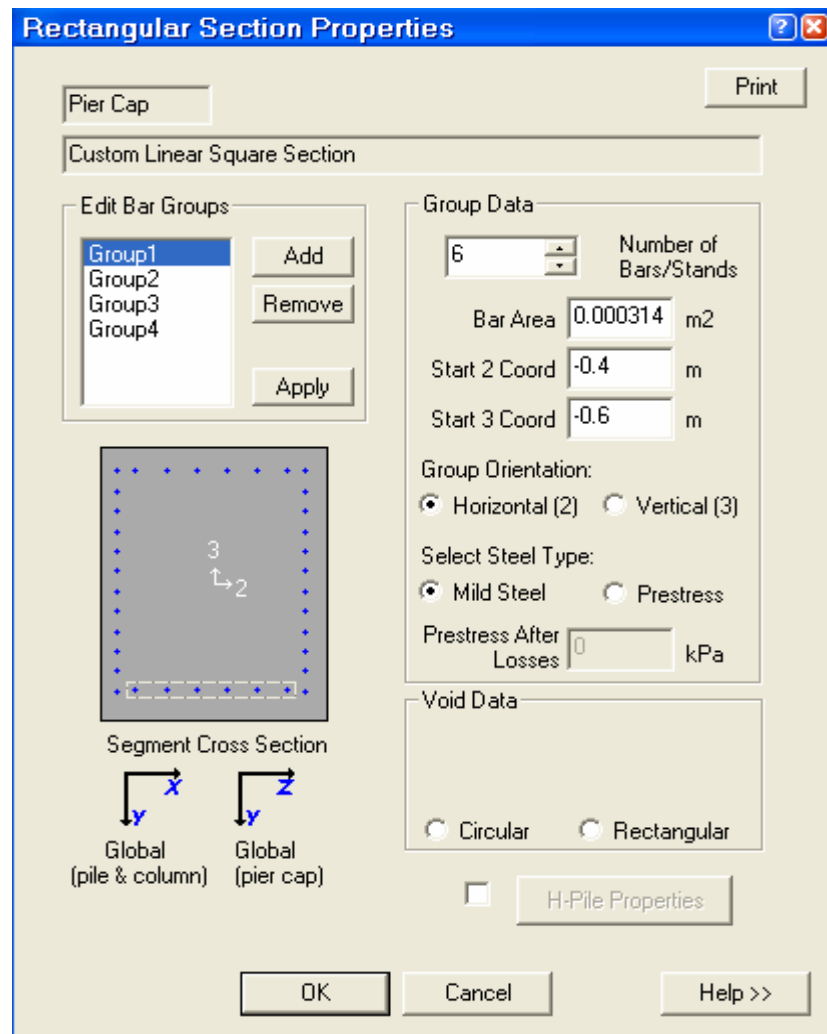
OK  
Cancel

- Khai báo cốt thép của xà mũ :
  - nhóm 1 : 6 thanh ,đường kính 20mm,tọa độ(-0.4m,-0.6m) như hình vẽ



- nhóm 2 :6 thanh 22 mm,tọa độ (-0.4m,0.6m)
- nhóm 3 : 12 thanh,đường kính 22 mm,tọa độ (0.4m,0.6m)
- nhóm 4 : 12 thanh 22 mm,tọa độ(-0.4m,0.6m)

Mặt cắt xà mũ có dạng như sau



- Khai báo các đặc trưng của cốt thép làm xà mũ :tương tự như khai báo phần trụ,và lưu mặt cắt như trên.

Bây giờ hình dạng 3D của kết cấu có dạng như sau :

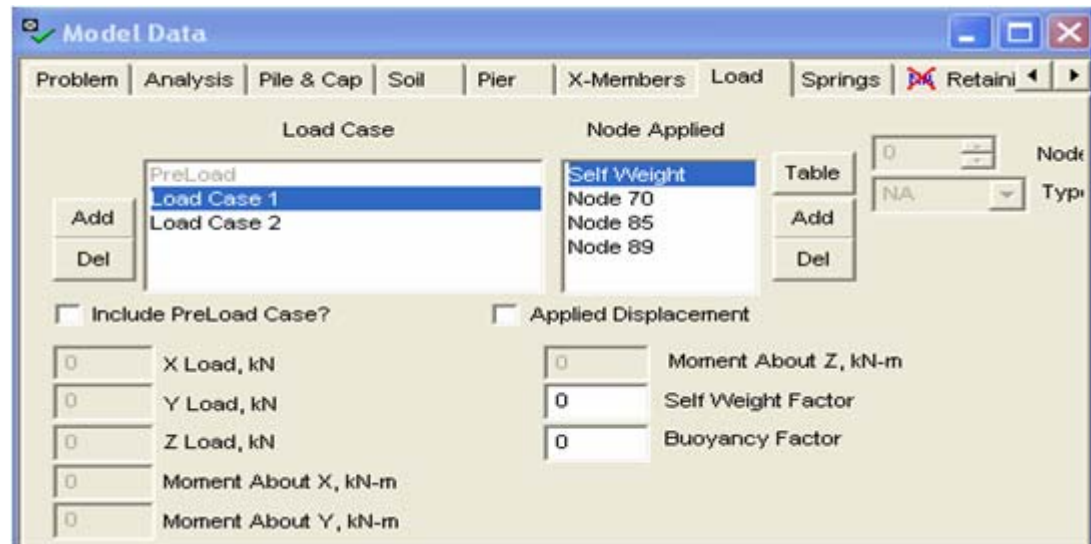




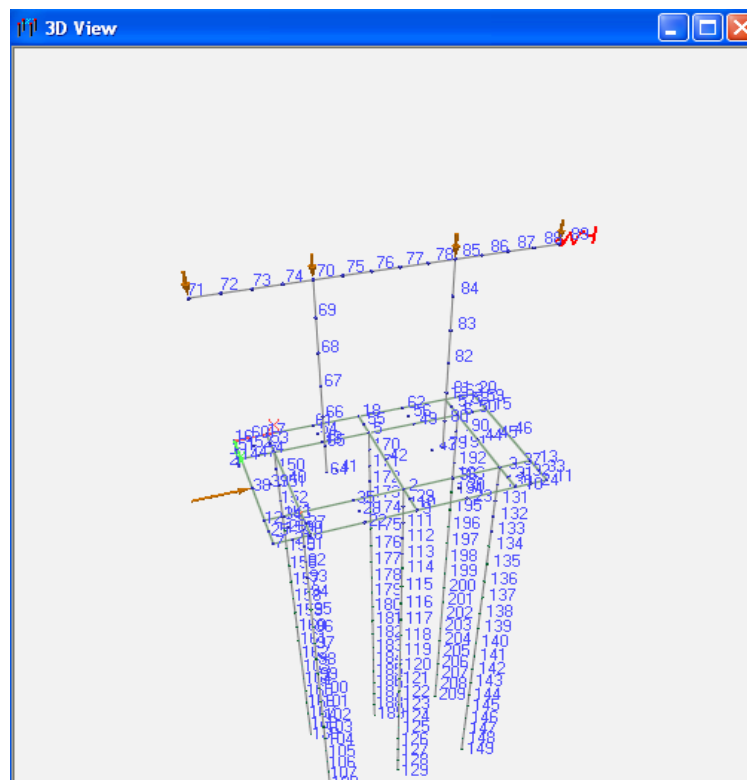
## 2.5 Khai báo tải trọng và tổ hợp tải trọng

### 2.5.1 khai báo các tải trọng tập trung đặt tại vị trí các nút

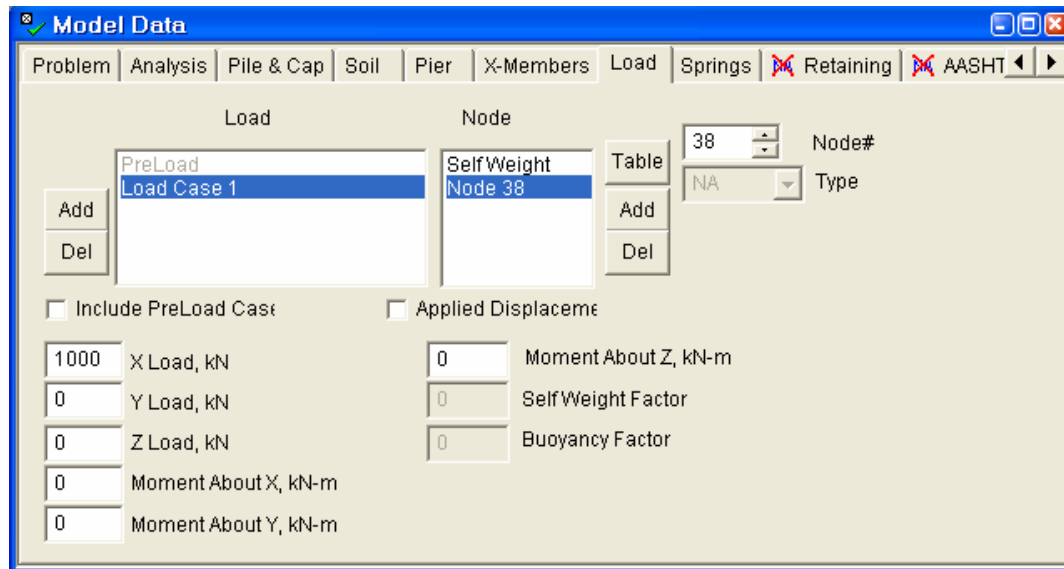
- Model Data -> chọn Load -> xuất hiện cửa sổ như sau



- Cửa sổ 3D-view sẽ hiện lên các nút để chọn đặt các tải trọng vào đó(bằng cách kích chuột phải và chọn Numbering,các nút sẽ hiện thị như hình )

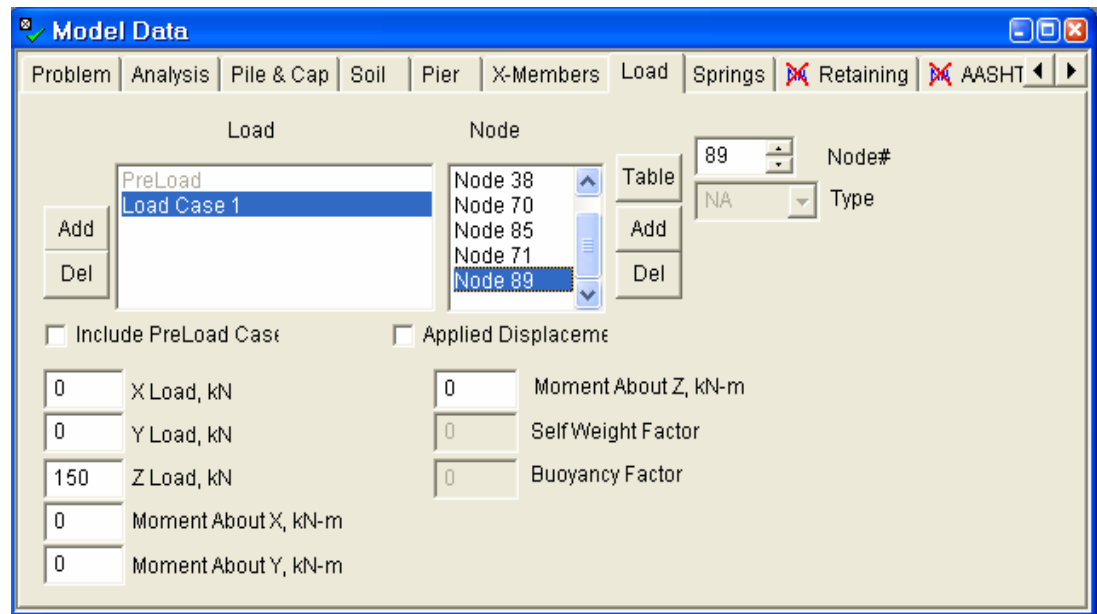


- Nhập tải trọng theo phương ngang tác dụng lên bộ :
- Từ Load case -> chọn Add
- Lựa chọn nút từ cửa sổ 3D(nhấp chuột chọn nút 38),hoặc nhập tên nút vào ô Node#
- Node Applied -> chọn Add để thêm nút
- nhập giá trị tải trọng

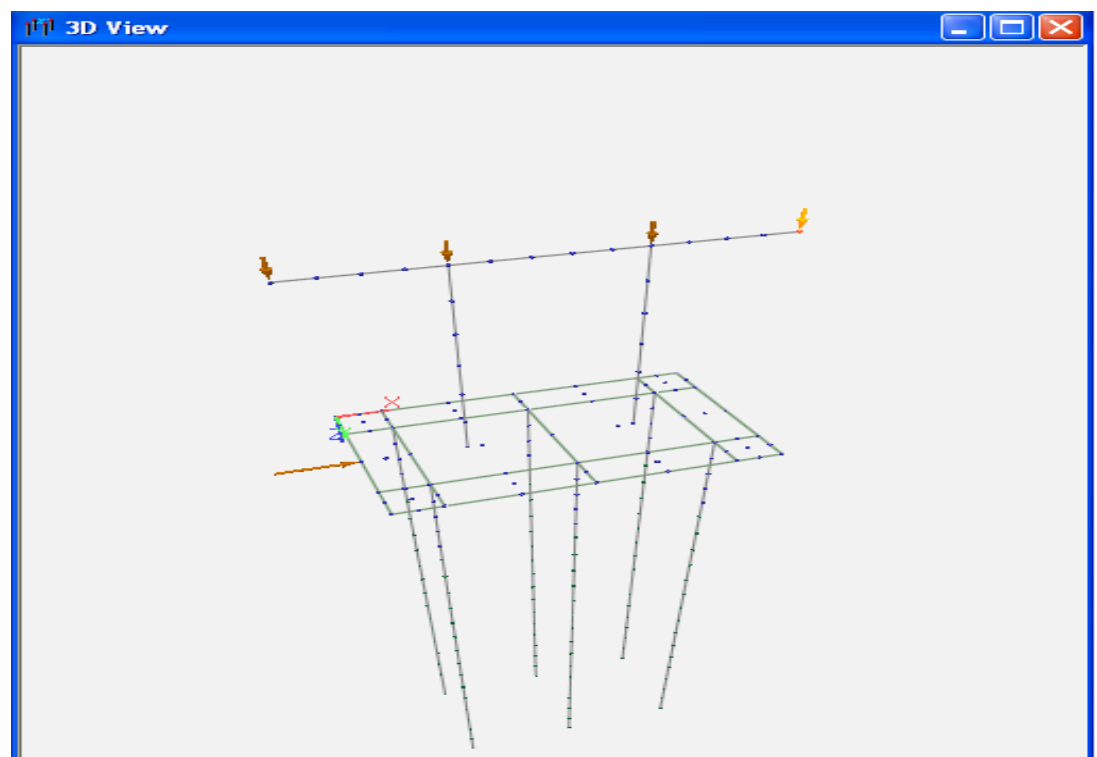


Trong đó

- Node # :tên nút
  - X load ,KN :tải trọng theo phương X(nhập giá trị 1000KN )
  - Y load :tải trọng theo phương Y
  - Z load :tải trọng theo phương Z
  - Moment About X :mômen theo phương X
  - Moment About Y « :mômen theo phương Y
  - Moment About Z :mômen theo phương Z
  - selfWeight Factor :trọng lượng bản thân
  - Buoyancy Factor :lực đẩy nổi
- Nhập các tải trọng tác dụng lên xà mũ trụ
- Node 70 : load Z = 250KN
  - Node 71 : load Z = 150 KN
  - Node 85 :load Z = 250 KN
  - Node 89 :load Z = 150 KN



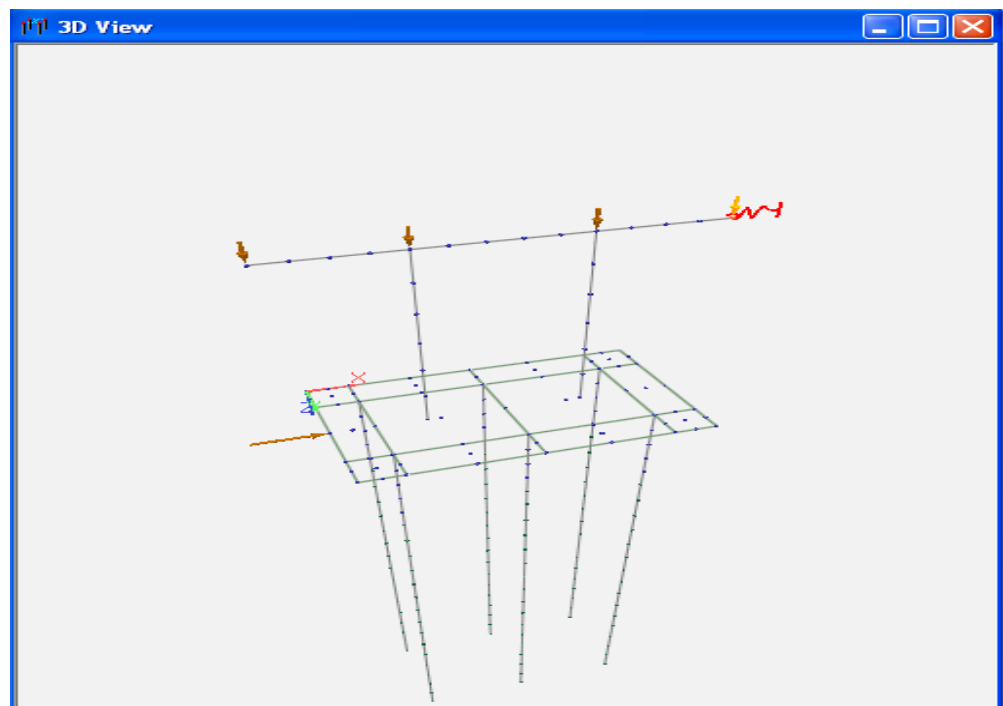
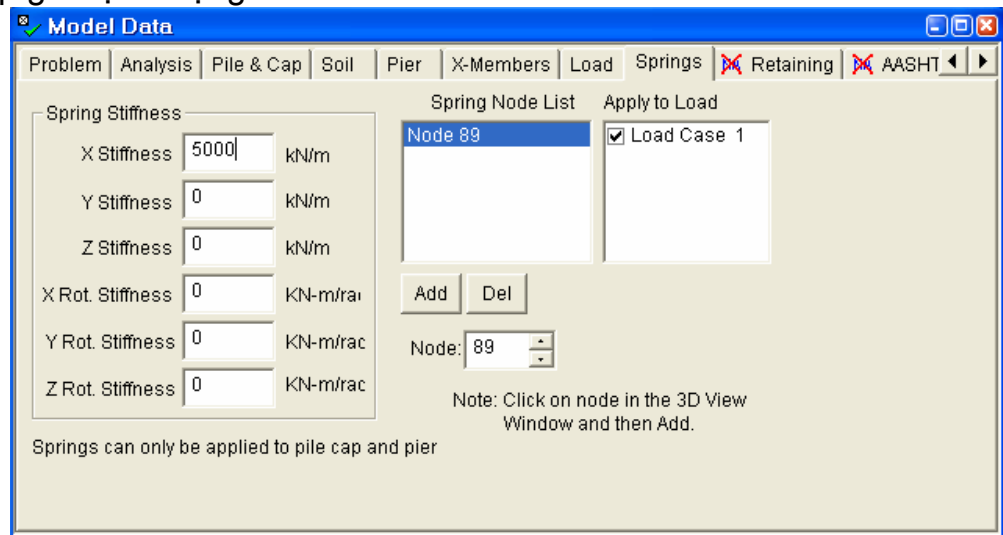
- Cửa sổ 3D view về tải trọng



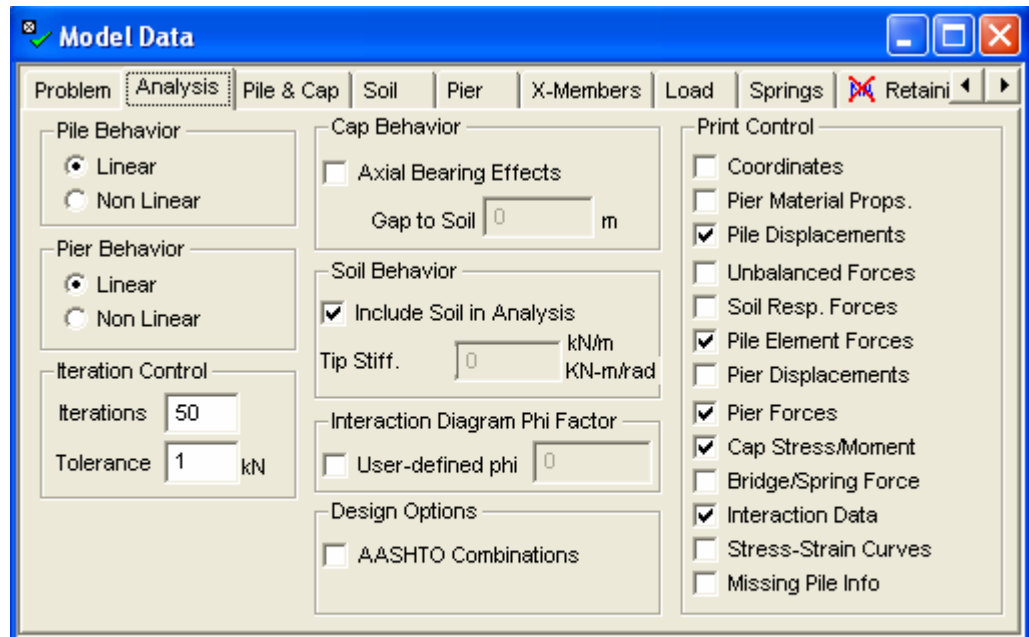
## 2.5.2 Khai báo tải trọng gối đàn hồi

Tải trọng này được đặt vào như một lực để chống lại chuyển vị ngang của kết cấu dưới tác dụng của các lực ngang như tải trọng gió, tải trọng va xô, lực lắc ngang.

- Cửa sổ Model Data ->chọn Springs
- Chọn nút bằng cách nhấp chuột chọn từ 3D view
- Chọn Add để nhận nút
- nhập giá trị tải trọng




- Cửa sổ Model Data -> chọn Analysis :chọn các trường hợp phân tích cho kết cấu




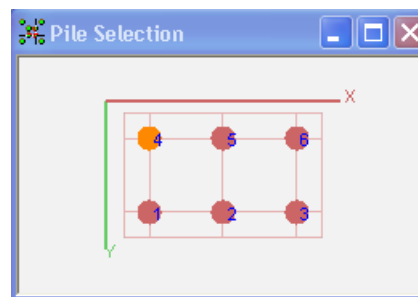
## 2.6 Chạy chương trình và xuất kết quả :

### 2.6.1 Chạy chương trình

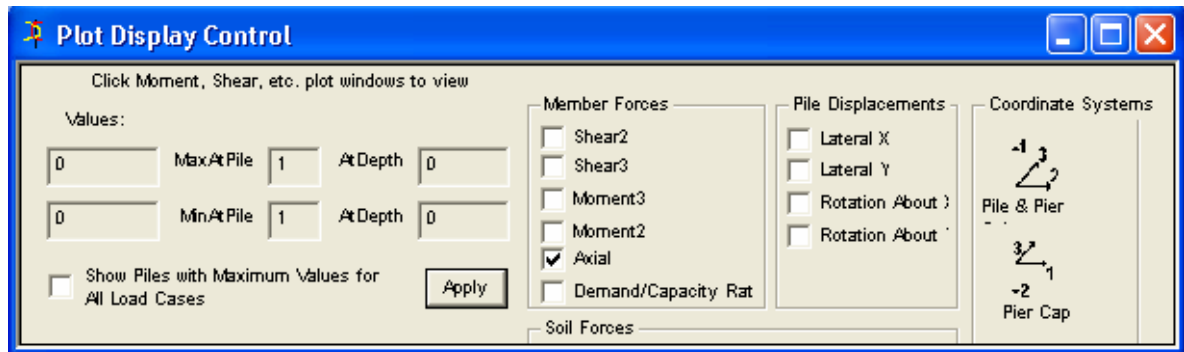
- File -> save as
- Chọn  trên thanh menu để chạy chương trình

### 2.6.2 Xem và xuất kết quả :

- Vào thanh menu -> chọn  : xem kết quả nội lực và chuyển vị của cọc.
- chọn từng cọc trong cửa sổ Pile selection để xem kết quả của các cọc.

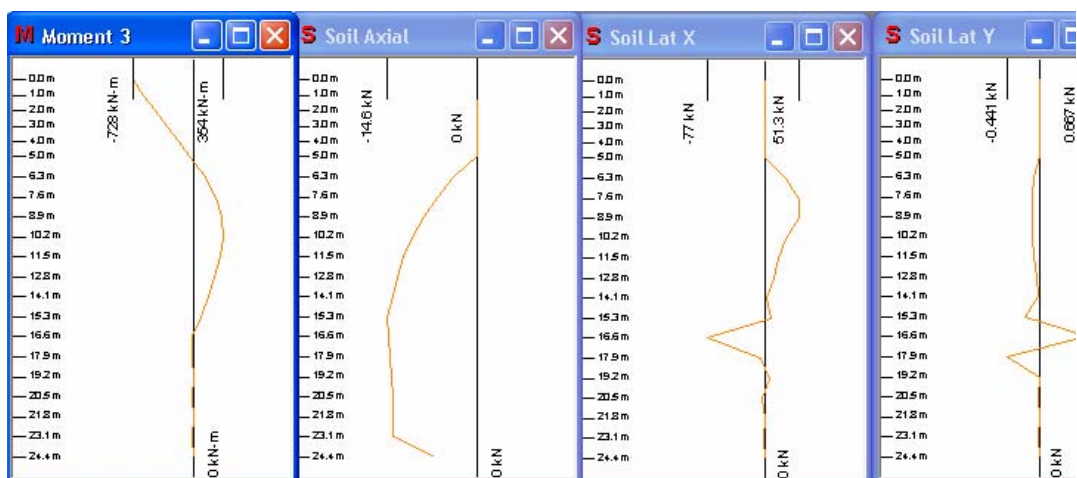



- các giá trị nội lực và chuyển vị của cọc

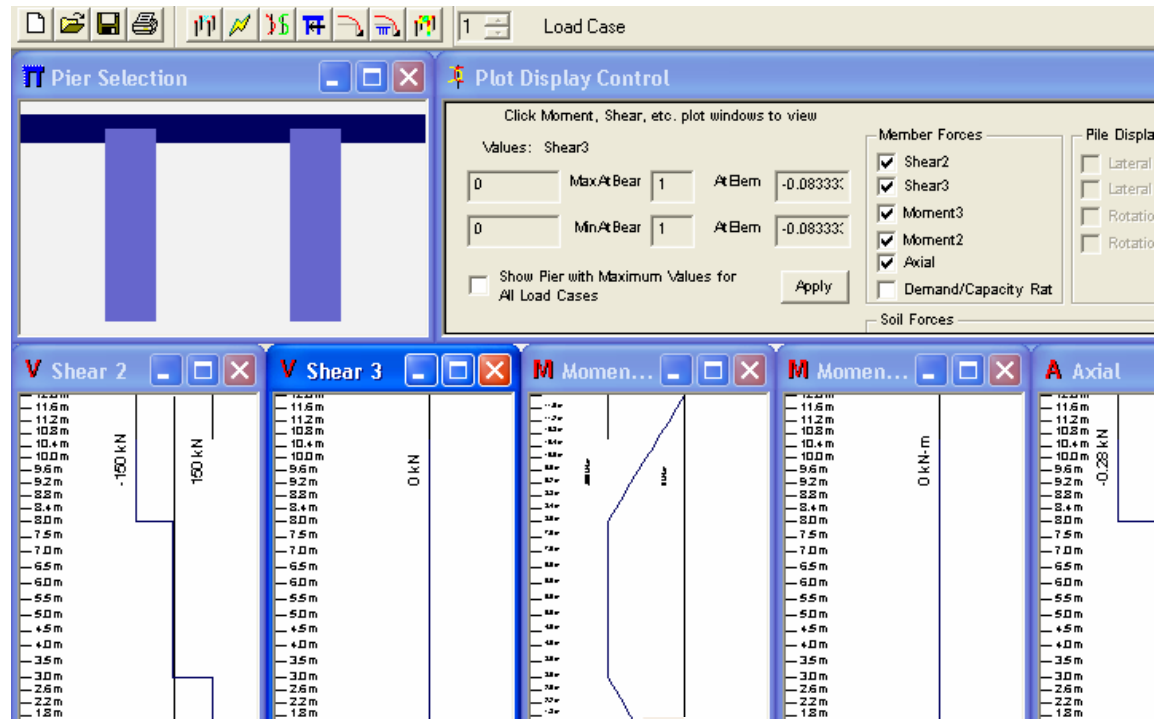



Trong đó

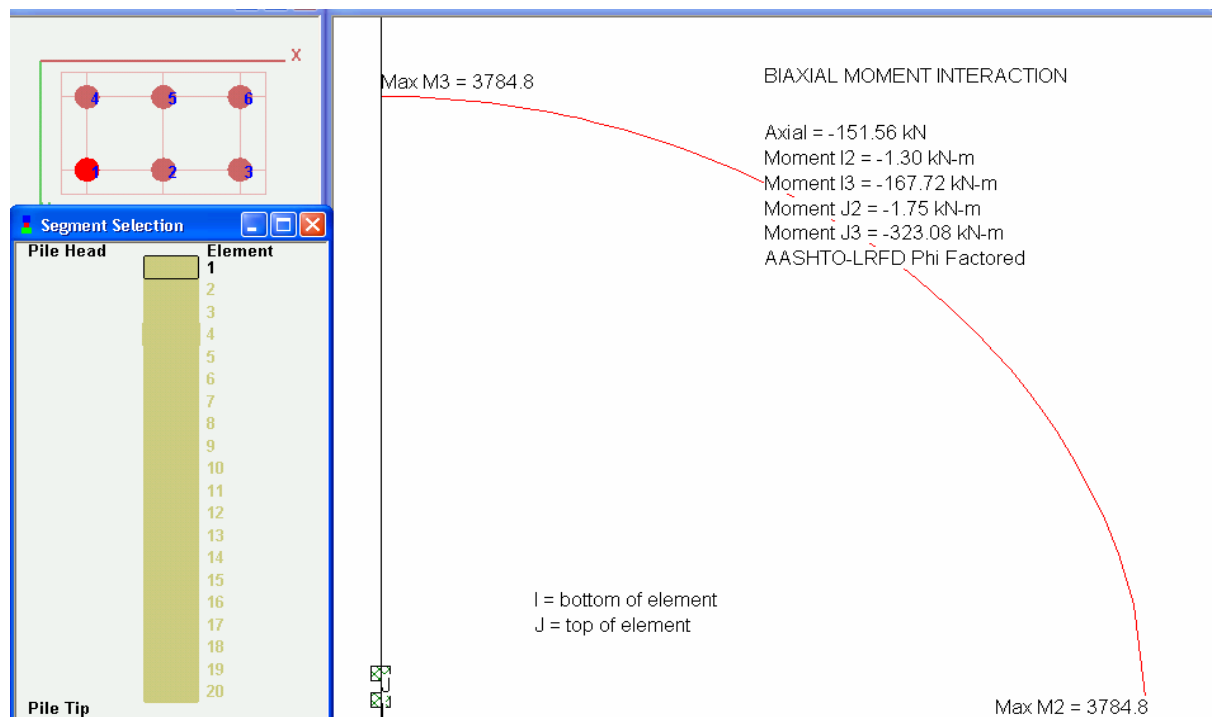
- Member Forces : các giá trị nội lực
  - + shear 2 : lực cắt theo phương 2
  - + shear 3 : lực cắt theo phương 3
  - + moment 3 : mômen phương 3
  - + moment 2: mômen phương 2
  - + Axial: lực dọc trục
- Pile Displacements: chuyển vị cọc
  - + lateral X: chuyển vị ngang của cọc theo phương X
  - + lateral Y : chuyển vị ngang của cọc theo phương Y
  - + Rotation About X : chuyển vị góc xoay theo phương X
  - + Rotation About Y : chuyển vị góc xoay theo phương Y




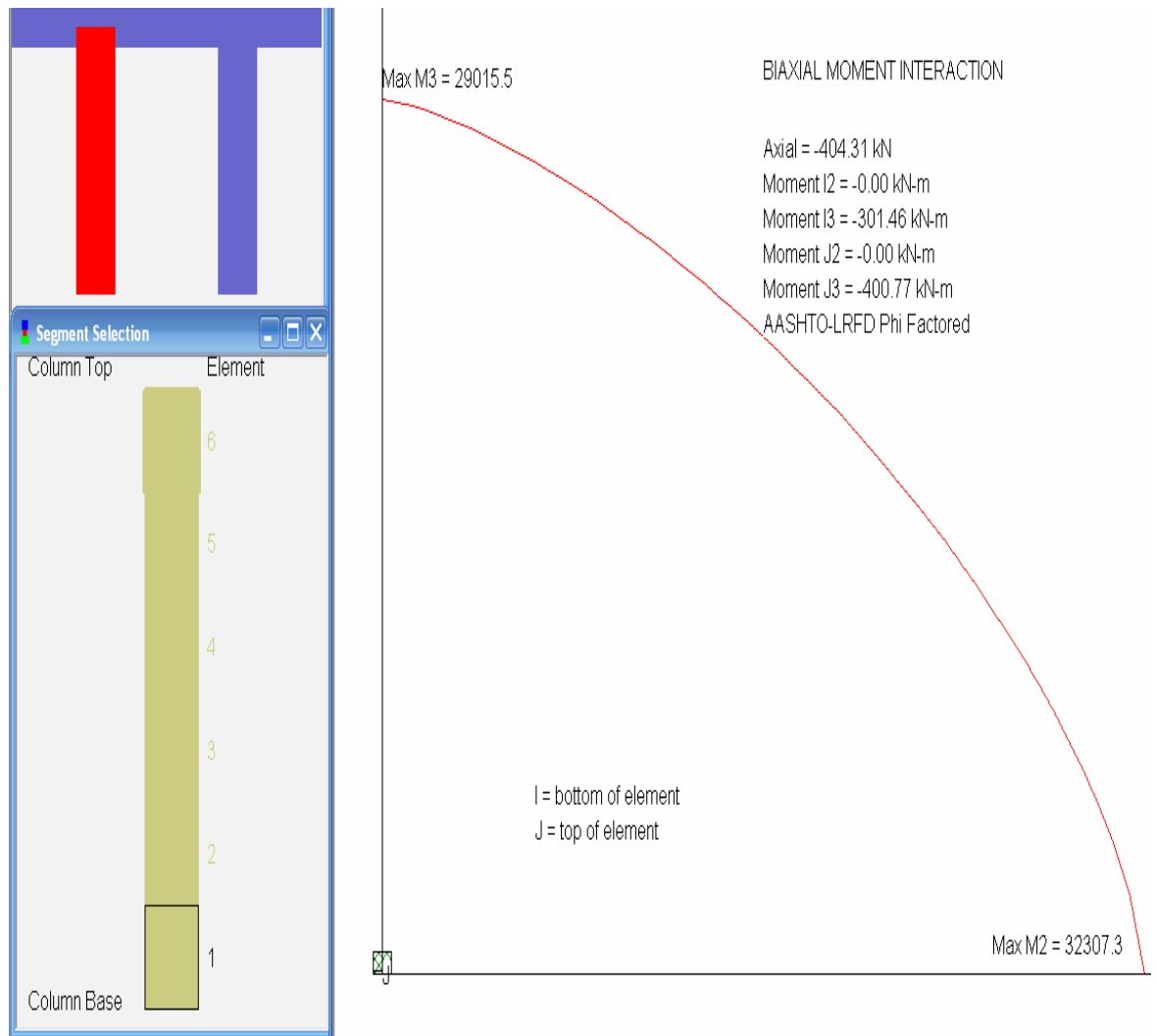
- Vào thanh Menu -> chọn biểu tượng : xem kết quả phân tích của trụ và xà mũ




- Vào thanh menu -> chọn biểu tượng  để xem kết quả nội lực (momen, lực dọc trục) tại các mặt cắt trên và dưới (I = top of element, J = bottom of element) trong từng phần tử của cọc theo chiều sâu.



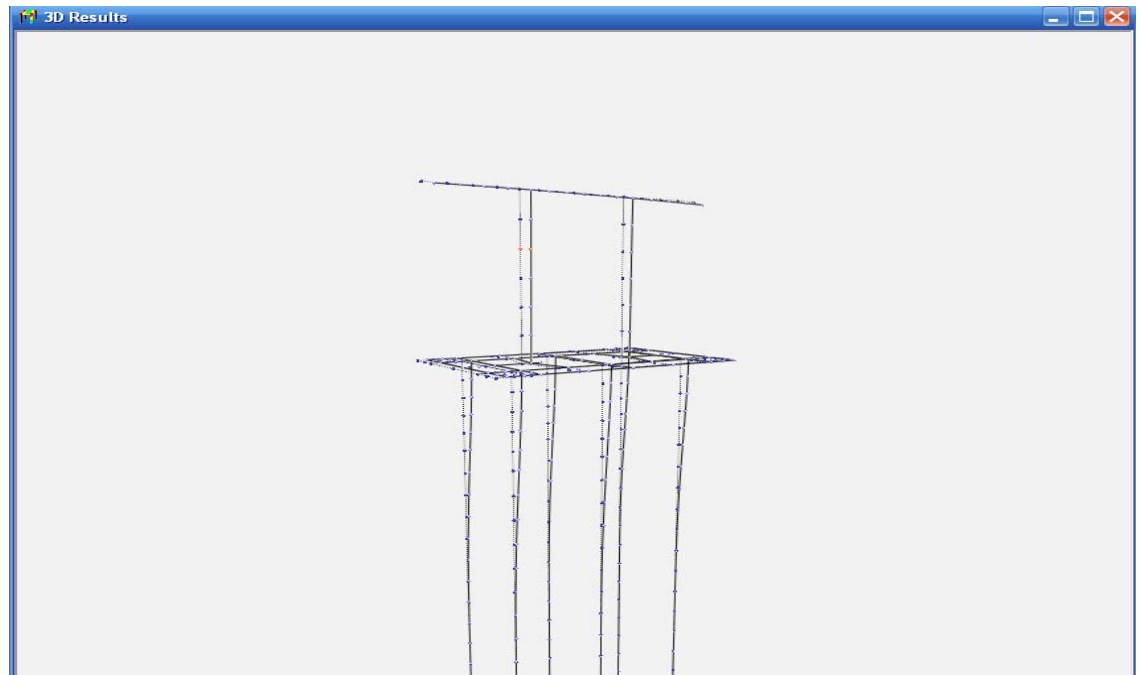
- Vào thanh menu -> chọn biểu tượng  theo chiều sâu để xem kết quả nội lực (moment, lực dọc trục) tại các mặt cắt trên và dưới (I = top of element, J = bottom of element) trong từng phần tử của trụ và xà mũ.



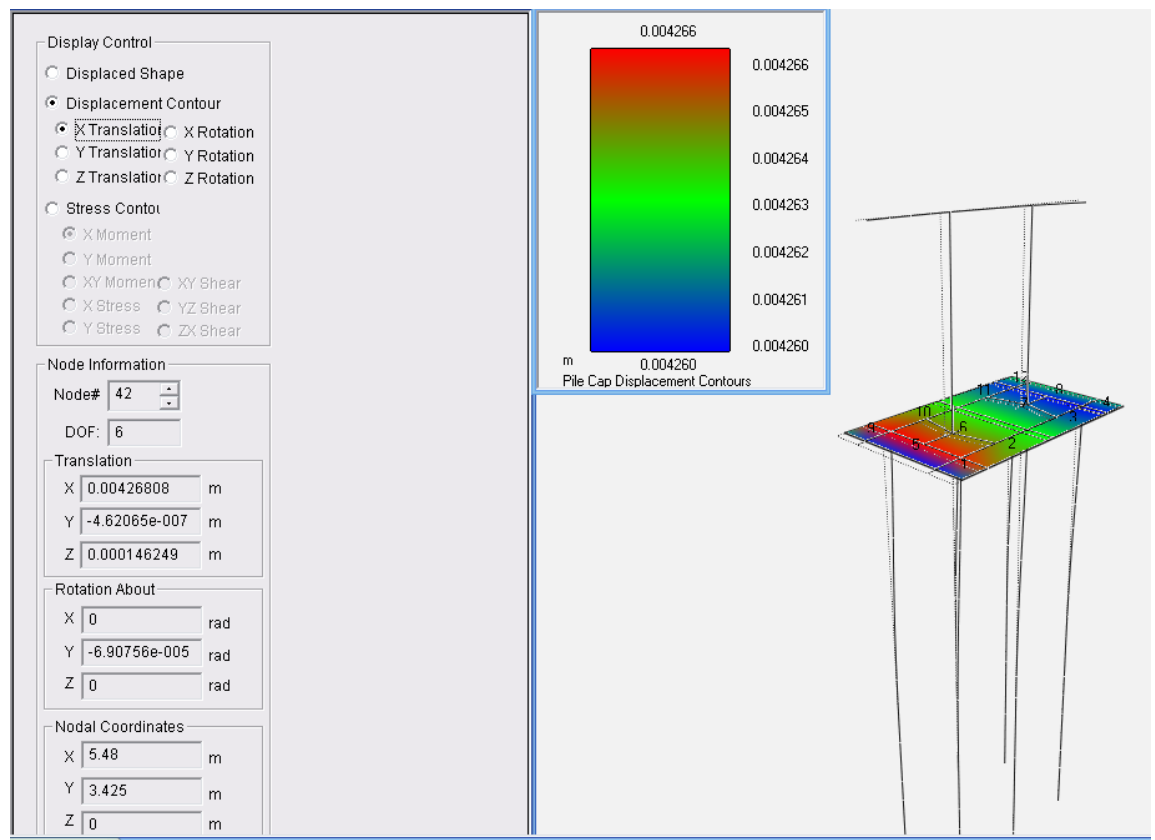
- Chọn biểu tượng  để xem chuyển vị và góc xoay của bộ cọc trong không gian 3D



Kết quả chuyển vị của kết cấu móng mô trụ cầu như hình:



Kết quả chuyển vị và góc xoay của bộ móng như hình:



### PHẦN III. KẾT LUẬN & KIẾN NGHỊ

Thông qua quá trình nghiên cứu và tính toán các ví dụ Tính toán thiết kế kết cấu móng mố trụ cầu bằng FB-Pier. Việc sử dụng FB-Pier để tính toán thiết kế cho kết quả tương đối chính xác và tiện lợi trong quá trình sử dụng nhất là tính toán kết cấu móng cọc các loại. Trên cơ sở phân tích những tính năng ưu điểm ở trên rất phù hợp cho người kỹ sư thuận tiện trong việc thiết kế, và tham khảo phục vụ thiết kế đồ án tốt nghiệp cho sinh viên. Từ những ưu điểm này đưa ra kiến nghị các công ty, kỹ sư thiết kế, nhà trường, sinh viên nên sử dụng chương trình để thiết kế tính toán kết cấu móng cọc, và chương trình ngày càng được ứng dụng rộng rãi hơn.

Trong quá trình thực hiện đề tài, do hạn chế về mặt tài liệu cũng như kinh nghiệm thực tế nên đề tài của chúng em mới chỉ dừng lại ở việc tính toán các ví dụ theo phần help của chương trình. Chỉ nghiên cứu một số loại kết cấu cần phân tích tính toán bằng FB-Pier và một số ví dụ trong giáo trình Nền và Móng bằng cách tính tay, so sánh kết quả giữa chương trình và cách tính tay thì sai số tương đối nhỏ nhưng chỉ dừng lại ở những ví dụ đơn giản, Hướng nghiên cứu tiếp theo là tiến hành tính toán so sánh kết quả với công trình thực tế và các chương trình tính toán nổi tiếng khác!

Hướng phát triển của đề tài trong thời gian tới sẽ kết hợp với chương trình plasxíc và slop để so sánh kết quả tính, với chương trình pacol và pilling để kiểm duyệt sức chịu tải của cọc theo đất nền và vật liệu làm cọc. Từ đó sẽ đem lại cho người sử dụng nhiều tiện ích trong việc thiết kế tính toán móng cọc.

Tài liệu tham khảo trong quá trình thực hiện đề tài:

- Giáo trình Cơ Học Đất – Nhà xuất bản GTVT.
- Giáo trình Nền và Móng – Nhà xuất bản ĐH Xây Dựng.
- Phần Help của chương trình FB-Pier
- Web: <http://bsi-web.ce.ufl.edu/default.asp>